

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**



**ELABORACION DE UN FILTRO A BASE DE CARBON ACTIVADO
OBTENIDO DEL ENDOCARPO DE COCO CON EL PROPOSITO DE
REDUCIR LA DUREZA EN EL AGUA POTABLE.**

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR

**VERENA YADIRA CARRILLO
NANCY ELIZABETH SANCHEZ MUÑOZ**

**PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIATURA EN QUIMICA Y FARMACIA**

DICIEMBRE, 2013

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIA GENERAL

DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANA

LICDA. ANABEL DE LOURDES AYALA DE SORIANO

SECRETARIO

LIC. FRANCISCO REMBERTO MIXCO LOPEZ

COMITE DE TRABAJO DE GRADUACION

COORDINADORA GENERAL

Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo

ASESORA DE AREA DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS, COSMETICOS Y VETERINARIOS

Licda. Zenia Ivonne Arévalo de Márquez

ASESORA DE AREA DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES

Msc. Sonia Maricela Lemus Martínez

DOCENTES DIRECTORES

Msc. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez

Licda. María Elsa Romero de Zelaya

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios todopoderoso por protegerme, acompañarme y guiarme a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes y experiencias.

Le doy gracias a mi madre Edy por apoyarme en todo momento cuando pudo hacerlo, por los valores que me inculco, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida sobre todo por haberme enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos. (Q.D.E.P.).

A mis hermanas por ser parte importante de mi vida y por llenar mi vida con alegría y amor cuando más lo he necesitado.

A mi tía Angela, mi tía Deysi de Batres junto con su esposo y mi tío German, quienes con su ayuda, cariño, comprensión han sido parte fundamental de mi vida, por su apoyo incondicional y por demostrarme la gran fe que tienen en mí.

Le agradezco la confianza, apoyo y dedicación de tiempo a mis asesoras Msc. Cecilia Velásquez y Lic. Elsa de Zelaya, y docentes directores Lic. Odette Rauda, Lic. Zenia Arévalo y Msc. Marisela Lemus. Por haber compartido con nosotras sus conocimientos sobre todo porque cada una con sus valiosas aportaciones hicieron posible este proyecto.

A Nancy por haber sido una excelente compañera de tesis y amiga, por haberme tenido la paciencia necesaria y tener todo su apoyo hasta la culminación de este proyecto. Dios te colme de bendiciones.

A mis compañeros de trabajo por todo su apoyo, cariño, comprensión y la paciencia que me tuvieron en los momentos más difíciles.

Y gracias a todos los que nos brindaron su ayuda en el recorrido de este proyecto.

¡A todos ellos sinceramente gracias!

Verena Carrillo.

Primeramente, dar gracias a Dios porque es él, el que nos mantiene en pie en todo momento y a lo largo de mi carrera así como de mi vida me recuerda que con fe y perseverancia todo es posible.

A mis padres: Porque siempre han estado apoyándome incondicionalmente en todos los aspectos; y es también gracias a su esfuerzo que este logro ha sido posible.

A mis hermanas y a toda mi familia ya que han sido siempre una razón que me impulsa a seguir luchando día a día.

A mis docentes de la Facultad de Química y Farmacia tanto del campus central como de la Facultad Multidisciplinaria Oriental por transmitirnos sus conocimientos y de esta manera colaborar con nuestra formación profesional. De igual manera a los laboratoristas y personas que siempre estuvieron dispuestas a colaborar cuando como estudiantes necesitamos de su ayuda.

A mis docentes directores, asesores de área, y a la coordinadora general de procesos de trabajos de graduación de la Facultad de Química y farmacia por dedicar su valioso tiempo a esta investigación y ayudarnos en este último paso de nuestra carrera.

A mis amigos y a las personas que conocí a lo largo de estos años, que directa o indirectamente han sido un apoyo importante.

A las personas que me dieron la primera oportunidad y el apoyo necesario para poner en práctica los conocimientos adquiridos relacionados a mi carrera y que además colaboraron con la finalización de este proyecto.

¡Infinitas Gracias!

Nancy Sánchez.

DEDICATORIA

A mi Dios Jehová. Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre, Edy (QDEP) quien siempre me motivó a seguir adelante y a quien prometí que terminaría mis estudios. Promesa cumplida.

A mis hermanas por ser mi inspiración.

A mis docentes que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida, a todos y cada uno de ellos les dedico cada una de estas páginas de mi tesis.

Con todo mi cariño y mi amor para cada una de las personas que hicieron en la vida para que yo pudiera lograr mi sueño, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y agradecimiento.

Verena Carrillo.

A Dios y a mi familia ya que no importando las circunstancias sé que siempre estarán conmigo brindándome su apoyo y amor.

Nancy Sánchez.

INDICE

Contenido	Pág.
Resumen	
CAPITULO I	
1.0 Introducción	xviii
CAPITULO II	
2.0 Objetivos	22
2.1 Objetivo General	22
2.2 Objetivo Especifico	22
CAPITULO III	
3.0 Marco Teórico	24
3.1 Definición del agua potable	24
3.2 Importancia del agua	24
3.3 Propiedades Físicas del agua	25
3.4 Sabor y Olor	25
3.5 Color	26
3.6 Calidad del agua	26
3.7 Dureza	27
3.8 Contaminación del agua	29
3.9 Fuentes de contaminación	30
Fuentes naturales	30
Fuentes artificiales	30
3.10 Ion Cloruro Cl ⁻	30
3.11 Ion Calcio Ca ⁺⁺	31
3.12 Ion Magnesio Mg ⁺⁺	32
3.13 pH	32

3.14 El Cocotero	33
3.15 Zonas de siembra en El Salvador	34
3.16 Requerimientos climáticos y Edáficos	34
3.17 Variedades cultivadas	35
3.18 Variedades de Cocotero en El Salvador	35
Alto del pacifico	35
Enano malasino	36
Híbridos	37
3.19 El Coco	37
3.20 Usos domésticos del coco	39
3.21 Carbón activado	40
3.22 Generalidades del Carbón Activado	40
3.23 Características fisicoquímicas del carbón activado	41
Composición química	41
Estructura física del Carbón Activado	41
3.24 Parámetros que influyen sobre las propiedades de adsorción del Carbón activado.	42
3.25 Fabricación de Carbón activado	43
3.26 Clasificación del Carbón activado	45
Carbón granular	47
Carbón pulverizado	47
3.27 Ventajas y desventajas en el empleo de Carbón activado	47

granular y pulverizado	
3.28 Consideraciones al aplicar el	49
Carbón activado en el	
tratamiento del agua	
3.29 Procesos de activación del	50
Carbón	
Proceso físico	51
Proceso químico	52
3.30 Aplicaciones del carbón activado	52
3.31 Filtros de Carbón activado	53
CAPITULO IV	
4.0 Diseño metodológico	56
4.1 Tipo de estudio	56
4.2 Investigación bibliográfica	56
4.3 Investigación de campo	57
Toma de muestra	57
4.4 Parte experimental	58
4.4.1 Limpieza de los envases	58
4.4.2 Toma de muestra	59
4.4.3 Elaboración de Carbón activado	60
4.4.4 Procedimiento para la elaboración del filtro	61
de Carbón activado	
4.4.5 Determinación de pH	62
4.4.6 Determinación de Dureza	63
4.4.6.1 Estandarización del EDTA	63
Procedimiento	64
4.4.7 Determinación de Cloro residual	65
4.4.7.1 Estandarización de la solución de	65

Tiosulfato de sodio	
Procedimiento	66
CAPITULO V	
5.0 Resultados y Discusión de Resultados	69
5.1 Elaboración del filtro de Carbón Activado	69
Porcentaje de rendimiento	70
5.2 Análisis de resultado obtenidos en los parámetros fisicoquímicos	73
CAPITULO VI	
6.0 Conclusiones	88
CAPITULO VII	
7.0 Recomendaciones	9
Bibliografía	
Anexos	

INDICE DE ANEXOS

Anexo N°

1. Etiquetas para la identificación de muestra de agua potable antes y después de filtrar.
2. Puntos de recolección de las muestras de agua potable en la planta alta de los Laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
3. Puntos de recolección de las muestras de agua potable en la planta baja de los Laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
4. Mapa del punto de recolección de endocarpos de coco.
5. Envase plástico utilizado en la elaboración del filtro de Carbón activado.
6. Preparación de reactivos a utilizar en la determinación de dureza del agua.
7. Preparación de reactivos a utilizar en la determinación de cloro Residual.
8. pH metro utilizado en la determinación del PH.
9. Carbonización de los endocarpos de coco.
10. Envases utilizados en la recolección de las muestras de agua potable.

INDICE DE FIGURAS

Figura N°		Pág.
1.	Coco alto del pacifico	36
2.	Coco enano malasino	36
3.	Endocarpo de coco	38
4.	Representación esquemática del sistema poroso de un carbón y clasificación de los poros según su tamaño	42
5.	Vista macroscópica de microporos de carbón activado.	42
6.	Tipos de carbón activado y productos de carbón	46
7.	Carbón granular comercial	47
8.	Carbón pulverizado comercial	47
9.	Estructura cristalina del carbón activado	51
10.	Carbón activado	54
11.	Filtros elaborados conteniendo 25, 50 y 100 gramos de carbón Activado.	69
	Resultados de pH obtenidos en las muestras de agua potable	74
12.	antes y después de ser modificadas químicamente con Hipoclorito de Sodio	
13.	Resultados obtenidos de pH antes y después de filtrar las muestras de agua potable modificadas con Hipoclorito de Sodio.	77
14.	Resultados de dureza total obtenida en muestras de agua potable antes y después de ser filtradas.	80
15.	Resultados obtenidos de cloro residual libre en las muestras de agua potable antes y después de ser filtradas.	83
16.	Porcentajes de retención para dureza total y cloro residual libre.	85

INDICE DE TABLAS

Tabla N°		Pág.
1.	Clasificación de agua según dureza.	29
2.	Características de los grupos de cocotero presentes en El Salvador.	37
3.	Propiedades de Carbón activado obtenido de distintos Precursores.	44
4.	Ventajas y desventajas de carbón activado granular y carbón Activado pulverizado.	48
5.	Cantidad de carbón activado utilizado para filtrar cada una de las muestras y tiempo que tardaron en filtrar.	70
6.	Porcentajes de rendimiento obtenidos de los endocarpos Secos.	72
7.	Resultados obtenidos de pH de las muestras de agua potable antes y después de ser modificadas químicamente.	73
8.	Resultados obtenidos de pH de las muestras de agua potable modificadas químicamente antes y después de ser filtradas.	77
9.	Resultados obtenidos de dureza total en muestras de agua potable antes y después de ser filtradas.	78
10.	Clasificación de dureza según el tipo de agua	81

- | | |
|--|----|
| 11. Resultados obtenidos de cloro residual libre en las muestras de agua potable antes y después de ser filtradas. | 82 |
| 12. Porcentajes de retención de dureza total y cloro residual Libre. | 84 |

RESUMEN

Entre los problemas más comunes que presenta el agua potable es la dureza además de una elevada concentración de cloro presente en la misma; aunque el cloro es necesario para la desinfección del agua, el mismo en elevadas cantidades causa problemas de color y sabor; mientras tanto, el agua dura contiene minerales disueltos, específicamente calcio y magnesio lo que causa inconvenientes como la acumulación de minerales en la tubería de aguas y su pobre rendimiento con el jabón o detergentes en comparación con agua blanda.

La presente investigación es una alternativa de solución para disminuir cloro, calcio y magnesio en el agua potable de consumo, además de optimizar un recurso considerado en el país como desecho tal es el caso del endocarpo del coco; por lo que se propuso la elaboración de un filtro a base de carbón activado obtenido mediante la carbonización del endocarpo del coco con el fin de verificar si este es capaz de reducir la concentración de compuestos minerales (cloro, calcio y magnesio) presentes en el agua potable.

La investigación se llevó a cabo en los meses de julio a septiembre del año dos mil trece; se realizó la determinación de dureza total (calcio y magnesio), cloro residual y pH a diez muestras de agua potable utilizada en los Laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador. Los análisis al agua potable se realizaron al inicio y al final del tratamiento del agua potable utilizando el filtro elaborado a base de carbón activado de endocarpo de coco. Finalmente se compararon los valores obtenidos de los análisis con los límites establecidos en la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable (NSO 13.07.01:08)

CAPITULO I
INTRODUCCION

1.0 INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación tiene como fin proponer una alternativa para disminuir la dureza y el cloro residual libre en el agua potable, la dureza; por su tendencia a causar la acumulación de minerales en las tuberías de agua y costras en los lavabos y tinas de baño, ocasiona problemas domésticos e industriales. Mientras tanto, el cloro en el agua potable se adiciona para su desinfección pero algunas veces se utiliza en cantidades elevadas ocasionando problemas de color y sabor. Es por esta razón que se propuso la elaboración de un filtro de carbón activado elaborado con un recurso que actualmente en el país se considera un desperdicio como endocarpo de coco.

La investigación se realizó en los meses de julio a agosto del año 2013, periodo en el cual se analizaron diez muestras de agua potable de los Laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador. Para la recolección de las muestras se seleccionaron al azar cinco puntos tomando dos muestras de agua potable de cada uno. A las muestras de agua potable recolectadas se les determinó el pH, dureza total y cloro residual libre.

Al comparar los resultados obtenidos de pH, dureza total y cloro residual con la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07,01:08 se observó que los valores de pH oscilan entre 6.78 a 6.95 y el límite máximo permitido es 8.5 por lo que las muestras si cumplen con lo establecido por la norma. Para la dureza total se obtuvieron valores desde 241.44 hasta 301.80 miligramos por litro de Carbonato de calcio lo cual está dentro del límite máximo de dureza establecido que es de 500 miligramos por litro de carbonato de calcio.

Debido a que los análisis preliminares en las muestras de agua potable demostraron que la cantidad de cloro presente en las mismas no podía ser cuantificada, para la determinación de cloro residual libre se modificaron químicamente cinco muestras con 10 mL de hipoclorito de sodio y cinco con 20

mL de Hipoclorito de Sodio, se determinó nuevamente el valor de pH de las mismas observando que los valores de pH de las muestras modificadas químicamente con 10 mL aumentaron obteniendo un valor promedio de pH de 7.96 cumpliendo así con el límite establecido por la NSO 13.07.01:08 que es de 8.5. Las cinco muestras modificadas con 20 ml sobrepasan el límite establecido obteniéndose valores de pH hasta de 11.55.

Los valores de cloro residual libre obtenidos después de modificar químicamente las muestras de agua potable oscilan entre 0.288 y 0.546 meq/L, valores que están dentro del límite establecido por la Norma Salvadoreña Obligatoria para agua potable NSO 13.07.01:08 el cual es de 1.1 miliequivalentes por litro de cloro residual libre.

Para la elaboración del filtro se inició con la recolección de los endocarpos de coco, los cuales se secaron y carbonizaron, el carbón resultante se sometió a incineración en mufla a una temperatura de 800 °C. Una vez obtenido el carbón activado se elaboraron tres filtros utilizando 25, 50 y 100 gramos de carbón activado. Las muestras de agua potable se sometieron a filtración utilizando el filtro de 25 gramos de carbón activado para las muestras 1 a 3, el de 50 gramos de carbón activado para las muestras 4 a 6 y las muestras 7 a la 10 utilizando 100 gramos de carbón activado, posteriormente se determinaron nuevamente los valores de pH, dureza total y cloro residual libre.

De acuerdo a los resultados de los análisis de agua potable posteriores al filtrado se tiene que la retención de dureza total fue de 85% a 89% para los tres filtros elaborados y de cloro residual total se obtuvieron porcentajes de retención del 54% al 100% observándose que al aumentar la cantidad de carbón activado en el filtro aumenta la capacidad de retención de cloro residual libre. Por lo tanto con esta investigación se demuestra que el carbón activado elaborado de endocarpo de coco resulta útil en la retención de dureza total y cloro residual en agua potable y que este puede ser utilizado para la eliminación

de estos componentes causantes de problemas domésticos e industriales, por lo que se recomienda su elaboración y uso, además se aprovecha un recurso como los endocarpos de coco que actualmente se consideran un desperdicio, y se contribuye al desarrollo sostenible del país al mismo tiempo que se disminuye la contaminación causada por estos.

CAPITULO II
OBJETIVOS

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Elaborar un filtro a base de carbón activado del endocarpo de coco.

2.2 Objetivos específicos

- 2.2.1 Diseñar un filtro con carbón activado obtenido de endocarpo de coco.
- 2.2.2 Cuantificar pH, dureza total y Cloro residual presentes en muestras de agua potable de las áreas seleccionadas antes del tratamiento con el filtro de Carbón activado elaborado del endocarpo de coco.
- 2.2.3 Cuantificar pH, dureza total y Cloro residual presentes en muestras de agua potable de las áreas seleccionadas después del tratamiento con el filtro de Carbón activado elaborado del endocarpo de coco.
- 2.2.4 Comparar los resultados de los análisis en muestras de agua potable con el límite máximo establecido en la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable (NSO 13.07.01:08)

CAPITULO III
MARCO TEORICO

3.0 MARCO TEORICO

3.1 DEFINICION DEL AGUA POTABLE

Puede definirse como el agua que se distribuye a la población, que puede ser usada con seguridad para bebida, para uso doméstico e industrial. El agua potable o destinada a bebida es un producto que comprende parámetros físicos, químicos, bacteriológicos y radiológicos del agua en el origen, y de la distribuida después de someterla a procesos de tratamiento y desinfección. El agua potable es una sustancia disponible para el consumidor, que cuando sale del grifo realiza su función esencial: satisfacer la sed sin amenazar la salud ni la vida. ⁽⁵⁾

3.2 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.

La importancia que ha cobrado la calidad del agua ha permitido evidenciar que entre los factores o agentes que causan la contaminación de ella están: agentes patógenos, desechos que requieren Oxígeno, sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, nutrientes vegetales que ocasionan crecimiento excesivo de plantas acuáticas, sedimentos o material suspendido, sustancias radioactivas y el calor.

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. En líneas generales,

el agua está contaminada cuando pierde su potabilidad para consumo diario o para su utilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas.

Es un deber de todos cuidar nuestros recursos hidrológicos, así como crear la conciencia de que el agua es uno de los recursos más preciados de la naturaleza, por el papel que desempeña en la vida de todos los seres vivos.⁽⁵⁾

3.3 PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA

Agua: líquido incoloro, inodoro y casi insípido, esencial para la vida animal y vegetal y el más empleado de los disolventes.

- Punto de fusión: 0°C (32 °F)
- Estado físico: sólida, líquida y gaseosa
- Color: incolora
- Sabor: insípida
- Olor: inodoro
- Densidad: 1 g/c.c. a 4°C
- Punto de congelación: 0°C
- Punto de ebullición: 100°C (212 °F)
- Gravedad específica: 4°C
- Presión crítica: 217,5 atm.
- Temperatura crítica: 374°C ⁽⁵⁾ ⁽⁶⁾

3.4 SABOR Y OLOR

Olor y sabor son la primera señal de alarma de un posible riesgo para la salud, son por tanto importantes por razones estéticas (como medida de la aceptación del agua), con un impacto pequeño en la fiabilidad del agua pero no deben ser ignorados. En general, los contaminantes del agua son atribuibles a la naturaleza o al uso humano. Los inconvenientes de olor y sabor son más frecuentes en aguas superficiales que en aguas subterránea porque en las aguas superficiales, los problemas de sabor y olor se deben a algas u otros

microorganismos y el agua subterránea son el resultado de la influencia humana, en particular el lixiviado de los vertederos. (5)

3.5 COLOR

El agua pura es incolora, pero el agua en la naturaleza está coloreada a menudo por sustancias externas, como son la materia orgánica del suelo, vegetación, minerales y organismos acuáticos normalmente presentes en las aguas naturales, también pueden contribuir los residuos municipales e industriales. El color del agua se clasifica como color verdadero o como color aparente. El color del agua que se debe parcialmente a los sólidos disueltos que permanecen después de haber eliminado la materia orgánica en suspensión se conoce como color verdadero. El color que aporta la materia suspendida en el agua, es el color aparente. El impacto del color en el agua es un asunto estético los consumidores no encuentran el agua aceptable. El color del agua tiene un efecto profundo sobre su comercialización tanto para uso doméstico como industrial. El color no se considera inseguro ni poco higiénico pero es un problema de tratamiento, ya que implica una demanda de cloro, que reduce la efectividad del cloro como desinfectante. (5)

3.6 CALIDAD DEL AGUA

Como calidad de agua se entiende el estado del agua, caracterizado por su composición fisicoquímica y biológica. Este estado deberá permitir su empleo sin causar daño, para lo cual deberá reunir dos características:

-Estar exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los Consumidores.

-Estar exenta de sustancias que le comuniquen sensaciones sensoriales desagradables para el consumo (color, turbiedad, olor, sabor) (CONACYT, 1999). El agua potable ya sea de superficie o subterránea es el agua, 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.

A pesar que el criterio de potabilidad depende fundamentalmente del uso que se ha destinado (humano, industrial, agrícola). (26)

Los usos que puedan tener los recursos hídricos están determinados por la calidad del agua que ellos presentan. Así, de acuerdo a su calidad puede permitir un uso para potabilización, para riego, para bebida animal. Lo que significa que, acorde a las características o propiedades físico químicas del cuerpo o masa de agua (Calidad), se le asociaran determinados usos. Por lo que es tan importante contar con agua no contaminada. De esta forma, la calidad del agua puede definirse como: La capacidad de un cuerpo de agua para soportar apropiadamente usos benéficos, como los modos en que es utilizada el agua por humanos o vida silvestre; ya sea como bebida o hábitat.(26)

(5)

3.7 DUREZA

Históricamente la dureza del agua se ha definido como la capacidad de los cationes presentes en el agua para desplazar a los iones sodio o potasio de los jabones y formar productos insolubles, que son los causantes de “costras” en los lavabos y tinas de baño. (4)

Es decir que la dureza de las aguas se debe a la existencia de determinados cationes en solución, cuya acción sobre los cationes de sodio y potasio produce

un precipitado, al reaccionar el jabón soluble con dichos cationes para formar un jabón insoluble. (28)

El agua debe tener una dureza comprendida entre 60 y 100 mg/L no siendo conveniente aguas de dureza inferiores a 40 mg/L por su acción corrosiva. Valor máximo aceptable de Dureza Total (CaCO_3) 400 mg/L. (27)

La mayoría de los suministros de agua potable tienen un promedio de 250 mg/L de dureza. Niveles superiores a 500 mg/L son indeseables para uso doméstico. (27)

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 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. 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 presencia de la misma cantidad de jabón, la aparición de espuma es mucho menor si se trata del agua “dura”, 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. (40)

En muchos países se clasifica la dureza del agua en mg/L CaCO_3 según los siguientes valores:

Tabla N°1: Clasificación de agua según dureza

DUREZA (mg/L CaCO₃)	TIPO DE AGUAS
0 a 75 mg/L de CaCO ₃	Agua suave
75 A 150 mg/L de CaCO ₃	Agua poco dura
150 a 300 mg/L de CaCO ₃	Agua dura
Más de 300 mg/L de CaCO ₃	Agua muy dura

(17)

En relación con la salud, la dureza en el agua no suele ser un problema ni para el consumo humano ni para el de muchas otras especies. Sin embargo tiene efectos adversos, para muchos fines industriales, como por ejemplo, para el uso del agua en calderas, debido a que las incrustaciones que ocasiona pueden provocar la explosión de las mismas. También para usos domésticos como el lavado de textiles, las aguas duras presentan inconvenientes debido a que los elementos alcalinotérreos forman sales insolubles con los ácidos carboxílicos que componen los jabones, precipitándolos y reduciendo de esta forma, su acción limpiadora. Pese a ser la dureza una expresión de la concentración de los elementos alcalinotérreos en el agua, normalmente se toma esta como una medida casi exclusiva de la concentración de los iones Calcio y Magnesio; esto, debido a que estos dos elementos son mucho más abundantes y frecuentes en las aguas naturales, que todos los demás alcalinotérreos.⁽⁴³⁾

3.8 CONTAMINACIÓN DEL AGUA.

El agua es un recurso natural indispensable para la vida. Constituye una necesidad primordial para la salud, por ello debe considerarse uno de los derechos humanos básicos. En las sociedades actuales el agua se ha

convertido en un bien muy preciado, debido a la escasez, es un sustento de la vida y además el desarrollo económico está supeditado a la disponibilidad de agua. El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación, pero esta misma facilidad de regeneración y su aparente abundancia hace que sea el vertedero habitual de residuos: pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, etc. La degradación de las aguas viene de antiguo pero ha sido en este siglo cuando se ha extendido este problema a ríos y mares de todo el mundo. (10) (5)

3.9 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

- Fuentes naturales

Dependiendo de los terrenos que atraviesa el agua puede contener componentes de origen natural procedentes del contacto con la atmósfera y el suelo (Ej. Sales minerales, calcio, magnesio, hierro etc.). Aunque pueden ser nocivos para la salud, en general son sustancias que se pueden identificar fácilmente y eliminar. (10) (5)

- Fuentes artificiales

Producidas como consecuencia de las actividades humanas. El desarrollo industrial ha provocado la presencia de ciertos componentes que son peligrosos para el medio ambiente y para los organismos y difíciles de eliminar. (10) (5)

3.10 IÓN CLORURO, Cl⁻

Es muy utilizado ampliamente en aguas y drenajes, como agente oxidante y desinfectante. Como agente oxidante se emplea para el control de sabor y olor y para la eliminación de color en el tratamiento de aguas municipales, en

drenajes domésticos su uso incluye el control de olor la eliminación de amoníaco y la desinfección. Como desinfectante se aplica en el tratamiento de aguas potables y municipales y para la desinfección de aguas residuales.

El ión Cloruro se encuentra con frecuencia en las aguas naturales y residuales, en concentraciones que varían desde unos pocos ppm hasta varios gramos por litro. Ya que el ión Cloruro es una sustancia altamente soluble y estable, y puesto que, con muy pocas excepciones, todos los seres humanos lo ingieren, con frecuencia se utiliza este ión como indicador de contaminación antrópica en los estudios de evaluación ambiental.

En relación con el “sabor salado” producido por el ión Cloruro presente en el agua, se sabe que este varía y que depende de los demás componentes presentes en el agua. Así, por ejemplo, muestras con 250mg/l de Cl^- . Pueden tener un sabor salado fácilmente detectable al gusto, cuando el Cloruro se halla asociado al ión Sodio. Sin embargo, ese sabor típico puede estar ausente en aguas que contienen hasta 1000 mg/l de ión Cloruro, cuando este se halla asociado preferentemente a iones Calcio y Magnesio. ⁽²³⁾ (6)

3.11 IÓN CALCIO, Ca^{++}

El calcio es un elemento químico, de símbolo Ca y de número atómico 40. Se encuentra en el medio interno de los organismos como ion calcio (Ca^{2+}) o formando parte de otras moléculas; en algunos seres vivos se halla precipitado en forma de esqueleto interno o externo. Los iones de calcio actúan de cofactor en muchas reacciones enzimáticas, e interviene en el metabolismo del glicógeno, junto al potasio y el sodio regulando la contracción muscular. El porcentaje de calcio en los organismos es variable y depende de las especies, pero por término medio representa el 2.45% en el conjunto de los seres vivos; en los vegetales, solo representa el 0.007%. No se encuentra libre en la

naturaleza. Por lo general se encuentra como carbonato de calcio en la piedra caliza, la creta, el mármol, el espato de Islandia, el aragonito, las estalactitas u estalagmitas. Como sulfato de calcio se encuentran el yeso y la anhidrita, como sulfuro de calcio se halla el mineral llamado fluorita o espanto y como fosfato el apatito y la fosforita, $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$. En las aguas se encuentra en mayor cantidad que el magnesio siendo, salvo en raras excepciones, el catión más abundante. A las aguas pasa por simple disolución, cuando tiene su origen en los yesos o los silicatos, o bien por ataque de las calizas o dolomitas, por la acción del anhídrido carbónico. ⁽³²⁾

3.12 IÓN MAGNESIO, Mg^{++}

El magnesio no existe libre en la naturaleza. Se encuentra combinado como carbonato, MgCO_3 , constituyendo el mineral llamado magnesita o giobertita. Como sulfato y cloruro forma parte de las sales dobles en diversos yacimientos. Los silicatos más corrientes, donde encontramos el magnesio asociado son, el talco (piedra de jabón) de fórmula $\text{H}_2\text{Mg}_3(\text{SiO}_3)_4$, el asbesto, $\text{Mg}_3\text{Ca}(\text{SiO}_3)_4$, la sepiolita o espuma de mar de fórmula $\text{MgSi}_3\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, la serpentina, $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y el olivino o peridoto, Mg_2SiO_4 . Se encuentra generalmente en las aguas en cantidades mucho menores que el calcio, pero su importancia biológica es grande, ya que es indispensable en el desarrollo de ciertos sistemas enzimáticos, actuando igualmente en la constitución de los huesos. Una persona adulta debe de tomar por término medio 200 a 300 mg por día. Si la cantidad de magnesio en el agua es muy grande, puede esta actuar como laxante e incluso adquirir un sabor amargo. ⁽³²⁾

3.13 pH

La calidad del agua y el pH son a menudo mencionados en la misma frase. El pH es un factor muy importante, porque determinados procesos químicos

solamente pueden tener lugar a un determinado pH. Por ejemplo, las reacciones del cloro solo tienen lugar cuando el pH tiene un valor de entre 6,5 y 8.

El pH es un indicador de la acidez de una sustancia. Está determinado por el número de iones libres de hidrógeno (H^+) en una sustancia. La acidez es una de las propiedades más importantes del agua. El agua disuelve casi todos los iones. El pH sirve como un indicador que compara algunos de los iones más solubles en agua. ⁽¹²⁾

El resultado de una medición de pH viene determinado por una consideración entre el número de protones (iones H^+) y el número de iones hidroxilo (OH^-). Cuando el número de protones iguala al número de iones hidroxilo, el agua es neutra. Tendrá entonces un pH alrededor de 7.

El valor del pH en el agua, es utilizado también cuando nos interesa conocer su tendencia corrosiva o incrustante, y en las plantas de tratamiento de agua. El valor de pH se determina fácilmente mediante métodos potenciométricos. ⁽¹⁵⁾

3.14 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.

Es una palmera monoica de tronco único, con frecuencia inclinado, de 50 centímetros de grosor en la base y estrechándose hacia la parte superior. En el ápice presenta un grupo de hojas que protegen el único punto de crecimiento o yema terminal que posee la planta. Al no poseer el tronco tejido meristemático no engruesa, sin embargo las variaciones en la disponibilidad de agua inducen cambios en el diámetro del tronco. El crecimiento en altura depende de las condiciones ecológicas, de la edad de la planta y del tipo de cocotero.

El coco se produce exclusivamente por semillas, por lo que existen pocas variedades, los diferentes materiales se clasifican por grupos con características similares: Alto del Atlántico, Alto del Pacífico, Enano Malasino rojo, amarillo y verde, y los híbridos como Maypan (cruce de Malasino con Alto del Pacífico). (20)

3.15 ZONAS DE SIEMBRA EN EL SALVADOR

La mayoría de las tierras cultivadas de cocotero en El Salvador, se encuentran ubicadas en la planicie costera del país y algunas islas principalmente en el área de la Bahía de Jiquilisco, Usulután, donde existe el 65% del área cultivada. No obstante el cocotero se adapta en los valles intermedios hasta una altura de 400 msnm. (45)

3.16 REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS Y EDAFICOS

Se desarrolla en la zona tropical. Se cultiva en regiones con precipitaciones anuales de 1500 a 2000 mm. La temperatura media anual óptima varía de los 22°C a 30°C. La humedad relativa óptima es arriba del 60%. Esta influye en el desarrollo de enfermedades y plagas. La altitud óptima para su desarrollo en El Salvador es de 0 a 400 msnm. Es un cultivo que requiere de mucha luz, la cantidad ideal es de 2000 horas/sol por año. Se adapta a diversidad de suelos de las zonas tropicales, siendo los más adecuados los arenosos y aluviales

hasta los moderadamente arcillosos, con buen drenaje interno y externo; se desarrolla en suelos con PH de 5.0 a 7.5. ⁽⁴⁵⁾

3.17 VARIEDADES CULTIVADAS

Los cocoteros pueden dividirse en tres grupos: altos, enanos e híbridos; de acuerdo a su polinización se han dividido los cocoteros en dos grupos: Los Alógamos o de polinización cruzada y los Autógamos que son los cocoteros que se autopolinizan. En El Salvador se reconocen los cocoteros altos como Alto del Pacífico, éste es un tipo de palmera diseminado en la costa pacífica de México y América Central. De este germoplasma se encuentran alrededor del 90% de cultivos comerciales de El Salvador.

Existen en el país palmeras enanas a las cuales se les ha denominado “Enanos Malasinos”, diferenciándose este grupo por el color del fruto: Malasino Amarillo, Dorado y Verde. ⁽⁴⁵⁾

3.18 VARIEDADES DE COCOTERO EN EL SALVADOR.

- Alto del Pacífico

Es usado para la producción de aceite y para consumo como fruta fresca, aunque el contenido de agua es alto, el sabor es poco dulce. Entre sus ventajas para cultivo están: el tamaño del fruto, la robustez de la planta, el contenido alto de copra, entre otros. (Fig. 1). ⁽²¹⁾

Sin embargo, posee varias desventajas como: tolerante a la enfermedad conocida como Amarillamiento Letal del Cocotero (enfermedad que ha disminuido la población de cocoteros en Honduras, Belice, México y el Caribe), la fructificación tardía, la dificultad para realizar labores de cultivo por su porte alto y la baja producción de frutos por planta.



Figura 1: Coco Alto del Pacífico.

- Enano Malasino

Existen básicamente tres tipos diferenciados por el color del fruto en: verde, amarillo y rojo o dorado (Fig. 2). Debido al sabor del agua, su uso potencial principal es la producción de agua para consumo en bebidas envasadas. Por su tamaño es poco atractivo para consumo como fruta fresca. Algunas ventajas de este grupo son: la resistencia al Amarillamiento Letal del Cocotero, la precocidad de producción, el rendimiento anual y el crecimiento lento. Entre las desventajas se tienen: el tamaño pequeño del fruto, la mala calidad de la copra. (21)



Figura. 2 Coco Enano Malasino

- Híbridos

Son el producto del cruce entre plantas del grupo de los gigantes y los enanos. En Centroamérica sólo se produce en Costa Rica, Nicaragua y El Salvador. Los usos de los híbridos son múltiples ya que adquieren las mejores cualidades de los padres dando como resultado frutos de tamaño de mediano a grande, buen sabor de agua, buen rendimiento de copra, crecimiento lento, producción de frutos alta y también hereda la resistencia al Amarillamiento del Enano Malasino mejorando la tolerancia del Alto. ⁽²¹⁾

Tabla N° 2. Características de los grupos de cocoteros presentes en el salvador

Cultivar	Tipos	Inicio de producción	Tipo de Crecimiento	Producción anual plena (frutos/planta /año)	Resistencia al amarillamiento letal del cocotero
Alto del Pacífico *	Número indeterminado	6 a 9 año	Alto	50 a 80	Tolerante
Enano Malasino o Malayo	Amarillo Verde Rojo o Dorado	3 año	Pequeño	120 a 150	Resistente
Híbrido	MAPAN y MAPAC	4 año	Pequeño	120 a 140	Resistente

*Nota: No se recomienda para plantación comercial. ⁽¹⁴⁾

3.19 EL COCO

El coco es un fruto comestible, que se usa para la cosmética y en repostería, proviene de la palmera cocotero 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. (8)



Figura. 3 Endocarpo del coco.

3.20 USOS DOMESTICOS DEL COCO

Existen alrededor de 360 entre algunos de ellos tenemos:

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. ⁽²¹⁾

El palmito: Es la yema terminal del cocotero y se consume crudo o cocido. Contiene 3% de almidón y 5% de azúcar.

Raíces: Tienen propiedades anti diarreicas.

Palmas: Son usadas para techos, canastas, sombreros, alfombras, etc.

Agua de coco: Usada en la producción de bebidas envasadas.

Aceite: Usado en alimentos, cosmetología, combustibles y lubricantes.

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 en conservas, etc.

Hueso o concha: Es el endocarpo que cubre la copra. Es usado como materia prima para producir carbón y carbón activado, o como combustible para calderas, cocinas, etc. también se usa para fabricar botones, cucharas, adornos, etc.

Estopa o mesocarpo: 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.

3.21 CARBÓN ACTIVADO

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

El carbón activado es un adsorbente muy versátil ya que el tamaño y la distribución de sus poros en la estructura carbonosa pueden ser controlados para satisfacer las necesidades de tecnología actual y futura. (43)

3.22 GENERALIDADES DEL CARBÓN ACTIVADO

El carbón activado posee la capacidad de adherir o retener en su superficie uno o más componentes (átomos, moléculas, iones) del líquido que está en contacto con él. Este fenómeno se denomina poder adsorbente. El carbón activado se caracteriza por poseer una superficie específica (alrededor de 500 a 1500m² por gramo) con una infinita cantidad de poros muy finos que son los que retienen (adsorben) ciertos compuestos no deseados. Son las altas temperaturas, la atmósfera especial y la inyección de vapor del proceso de fabricación del carbón activado lo que activa y crea la porosidad. (7)

La estructura única del carbón activado, pone a disposición un área superficial de adsorción de grandes dimensiones. Típicamente 1 kg de carbón activado granular posee un área superficial de 1, 100,000 m² (1 lb. = 125 acres). El carbón activado puede ser producido a partir de una gran variedad de materias primas carbonizables, siendo entre ellas las principales: Carbón mineral, cáscara de coco, madera, lignita, etc. Las propiedades intrínsecas del carbón activado que se obtiene son totalmente dependientes de la fuente de materia prima utilizada. (7)

La superficie del Carbón activado tiene carácter no-polar, es por ello que proporciona afinidad para aquellos adsorbatos no-polares, tales como los compuestos orgánicos. Todos los átomos de carbón en la superficie de un cristal son capaces de atraer moléculas de compuestos que causan color, olor o sabor indeseables; la diferencia con un carbón activado consiste en la cantidad de átomos en la superficie disponibles para realizar la adsorción. En otras palabras, la activación de cualquier carbón consiste en " multiplicar" el área superficial creando una estructura porosa. (36)

3.23 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL CARBÓN ACTIVADO

- **Composición química:** El término carbón activo designa un amplio espectro de materiales que se diferencian fundamentalmente en su estructura interna (distribución de poros y superficie específica) y en su granulometría. El carbón activo se compone en un 75-80% en carbono y un 5-10% en cenizas. (24)

- **Estructura física del carbón activo:** El carbón activo posee una estructura microcristalina que recuerda en cierta medida a la del grafito. Esta estructura que presenta el carbón activo da lugar a una distribución de tamaños de poro bien determinada. Los poros de un carbón activado se clasifican en tres, de acuerdo a su tamaño: (Fig 4). (24)

- Microporos
- Poros medios o mesoporos
- Macroporos

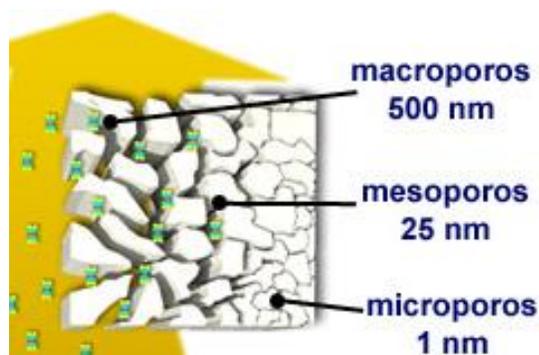


Figura 4. Representación esquemática del sistema poroso de un carbón y clasificación de los poros según su tamaño.

La distribución del tamaño de poro depende fundamentalmente de tres factores: El origen de la materia prima, el tipo de activación y la duración del proceso de activación.

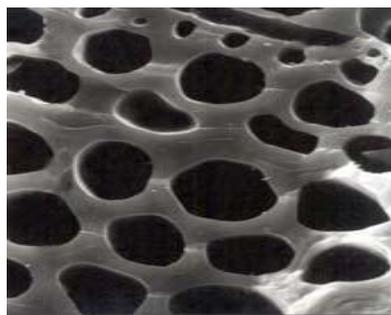


Figura. 5 Vista microscópica de microporos de carbón activado. (24)

3.24 Parámetros que influyen sobre las propiedades de adsorción del carbón activado

Área Superficial: La capacidad de adsorción es proporcional al área superficial (ella es función del grado de activación del carbón).

Tamaño del Poro: La correcta distribución del tamaño de poros es necesaria para facilitar el proceso de adsorción (suministrando los sitios de adsorción, los

poros finos, y los canales de transporte adecuados para el manejo del adsorbato).

Tamaño de partículas: El tamaño de partículas no influye sobre el área superficial total. El área superficial total es definida por el grado de activación y por la estructura de los poros del carbón.

Temperatura: Las temperaturas bajas aumentan la capacidad de adsorción.

Concentración del Adsorbato: La capacidad de adsorción es proporcional a la concentración del adsorbato (altas concentraciones proveen grandes fuerzas de empuje durante el proceso de adsorción).

pH: La capacidad de adsorción aumenta, con aquellas condiciones de pH que aumentan la solubilidad del adsorbato.

Tiempo de Contacto: Para alcanzar el equilibrio en la adsorción y maximizar su eficiencia, se requiere de suficiente tiempo de contacto.

Densidad Aparente: Es utilizada para indicar la actividad de un volumen de carbón. Esta es significativamente más baja que la densidad teórica del sólido (La actividad volumétrica es proporcional a la densidad aparente). (26)

3.25 FABRICACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO

El carbón activado se fabrica a partir de cualquier material carbónico como la madera, el carbón mineral, la cáscara de coco, etc., el cual es clasificado según el tamaño, carbonizado y activado para crear la enorme área de superficie y la estructura interna del poro que define las propiedades del carbón activado. (37)

En la Tabla N° 3. Se tienen algunas propiedades del carbón activado obtenido de diversos precursores.

Tabla N° 3. Propiedades del carbón activado obtenido de distintos precursores

(19)

PROPIEDAD	COCO	CARBÓN BITUMINOSO	LIGNITA	MADERA
Microporos	Altos	Altos	Medianos	Bajos
Macroporos	Bajos	Medianos	Altos	Altos
Dureza	Alta	Alta	Baja	Mediana
Cenizas	5 %	10 %	20 %	5 %
Cenizas solubles en agua	Altas	Bajas	Altas	Medianas
Polvo	Bajo	Mediano	Alto	Mediano
Regeneración	Buena	Buena	Pobre	Regular
Densidad Aparente	0.48 g/cc	0.48 g/cc.	0.3 g/cc	0.35 g/cc
Número de lodo	1100	1000	600	1000

El área de superficie del carbón activado varía de 500 a 2,500 metros cuadrados por gramo (m^2/g), dependiendo de la materia prima y del proceso de activación. El grado típico de carbón para tratamiento de agua tiene un área de superficie de 900 a 1,100 m^2/g .

No hay un solo tipo de carbón activado que resulte ser el mejor para todas las aplicaciones. El de base madera es muy macroporoso y es excelente para remoción de color (moléculas grandes). De igual manera, el carbón activado granular de cáscara de coco es muy duro y resistente a la abrasión, pero dado que es muy microporoso tendría un desempeño pobre en una aplicación de decoloración. El carbón activado base carbón mineral tiene la distribución más

amplia en tamaño del poro e incluye poros de todos tamaños, por lo que se le considera como el carbón "atrapa-todo". (19)

La elección del precursor es fundamentalmente una función de su disponibilidad, precio y pureza, pero el proceso de fabricación y la posible aplicación del producto final han de ser muy tenidos en cuenta. Los procesos de fabricación se pueden dividir en dos tipos: activación física (también llamada térmica) y activación química. La porosidad de los carbones preparados mediante activación física es el resultado de la gasificación del material carbonizado a temperaturas elevadas, mientras que la porosidad que se obtiene en activación química es generada por reacciones de deshidratación química, que tienen lugar a temperaturas mucho más bajas. (7)

La concha de coco, es muy utilizada para producir carbón activado comercial, debido a su disponibilidad, bajo costo ya que los productos obtenidos a partir de él tienen las propiedades que cubren toda la gama de aplicaciones que el Carbón Activado puede tener.(42)

El Carbón Activado de Coco es el carbón con más proporción de microporos, por lo tanto es el más adecuado para retener moléculas pequeñas; es el carbón más utilizado para purificación de aguas, ya que es el más duro y resistente a la abrasión. (42)

3.26 CLASIFICACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO.

En términos generales los carbones activados se clasifican en dos grandes grupos:

- Carbones para purificación en fase líquida: Carbón Granular y Pulverizado.
- Carbones para purificación en fase gaseosa. (16)



Figura N° 6 Tipos de Carbón Activado y productos de Carbón.

Las propiedades más importantes a considerar al seleccionar un carbón son el diámetro de los poros y las características de los mismos.

- **Carbón granular:** La única diferencia entre un carbón granular y uno pulverizado es el tamaño de la partícula. Presentan un tamaño medio de partícula entre 1 y 5 mm (Fig.7). ⁽⁴²⁾

- **Carbón pulverizado:** El Carbón Activado pulverizado presenta tamaños menores de 100 μm , siendo los tamaños típicos entre 15 y 25 μm . (Fig. 8) ⁽⁴²⁾



Figura N° 7: Carbón granular comercial.



Figura N° 8: Carbón pulverizado.

3.27 VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN EL EMPLEO DE CARBÓN ACTIVADO GRANULAR Y PULVERIZADO

El empleo de carbón activado ya sea en polvo o granular, depende de la necesidad específica en cada operación. Cada tipo de carbón presenta sus ventajas y desventajas, algunas de ellas se presentan en la tabla 4. ⁽¹⁸⁾

Tabla N° 4. Ventajas y desventajas del carbón activado granular y carbón activado pulverizado ⁽¹⁸⁾

CARBÓN ACTIVADO GRANULAR		CARBÓN ACTIVADO PULVERIZADO	
VENTAJA	DESVENTAJA	VENTAJA	DESVENTAJA
Se emplea para eliminar porcentajes entre el 80 y 98 % del contaminante inicial. Es decir, remueve mayor porcentaje de contaminantes que el carbón en polvo.	Se ve más afectado por la variaciones en la concentración de los contaminantes, unos contaminantes pueden fijarse en mayores cantidades que otros y por otra parte algunos contaminantes pueden desplazar a otros ya adsorbidos (desorción).	Se puede escoger la calidad y tipo, así como la dosis a emplear según el contaminante a eliminar, es decir su empleo ofrece gran flexibilidad.	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.
Aprovechamiento del producto, al poder regenerarse	En los lechos de carbón activo granular, puede tener lugar la proliferación de determinados microorganismos.	La aplicación de carbón en polvo requiere instalaciones simples, similares a las de otros productos sólidos empleados en el tratamiento del agua.	En los lechos de carbón activo en polvo, puede tener lugar la proliferación de determinados microorganismos.
	Requiere instalaciones con estructuras más complejas y de mayor coste inicial.	Mayor Disponibilidad.	La regeneración del carbón activado en polvo es más compleja.

3.28 CONSIDERACIONES AL APLICAR EL CARBÓN ACTIVADO EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA.

A la hora de elegir un carbón activo, han de tenerse en cuenta determinadas propiedades además de la intensidad y capacidad de adsorción, como son la dureza, permeabilidad, densidad y solubilidad. Algunas consideraciones para aplicar el carbón activado en agua son las siguientes:

- La eficacia del carbón para eliminar sustancias orgánicas con bajo peso molecular (menor de 2 átomos de carbono) es menor que en el caso de sustancias con mayores pesos moleculares, este hecho ha de tenerse en cuenta al emplear la ozonización conjuntamente con el carbón activo.

- Las sustancias o moléculas que originan olores y sabores en el agua, suelen ser moléculas pequeñas fácilmente adsorbibles por el carbón activo con porosidad tipo microporos, mientras que para la adsorción de moléculas mayores, como por ejemplo las de ácidos húmicos y fúlvicos, precursores de trihalometanos, es más adecuado el carbón con poros de mayor tamaño o macroporos. El carbón activo es también empleado como medio para minimizar la formación de subproductos de la desinfección.

- En el tratamiento con carbón activo, es de suma importancia el tiempo de contacto entre el agua y el carbón, pues el carbón en función de características propias, requiere tiempos de contacto distintos para adsorber las sustancias del agua.

- En cuanto al punto de aplicación o fase del proceso de tratamiento, en el cual tiene lugar el contacto del agua con el carbón, puede expresarse

de forma general que el carbón en polvo se debe aplicar después de la coagulación y formarse el flóculo, es decir, antes de la sedimentación y filtración, tratando así de evitar la película o capa que el coagulante empleado podría llegar a rodear a las partículas de carbón, impidiendo o dificultando la adsorción. En el caso de la eliminación del cloro o decoloración con carbón activo, éste puede actuar como reactivo o como catalizador.

- Es importante realizar pruebas piloto con diferentes carbones para conocer que carbón elimina con mayor eficacia la sustancia contaminante del agua correspondiente, así como determinar el punto a partir del cual la adsorción de sustancias por el carbón empieza a decrecer. ⁽¹⁸⁾

3.29 PROCESOS DE ACTIVACIÓN DEL CARBON

Las características específicas de los distintos tipos de carbones activados dependen principalmente de:

- La materia prima
- El proceso de activación utilizado

Es importante mencionar que una misma materia prima que sea activada por procesos diferentes dará como resultado carbones con propiedades diferentes.

El proceso de activación consiste básicamente en reordenar los átomos de carbono en anillos tipo benceno para lograr una estructura cristalina reticular similar a la del grafito (Fig. 9), en otras palabras, la activación consiste en "multiplicar" la cantidad de poros de un carbón dando como resultado una estructura extremadamente porosa de gran área

superficial disponible para llevar a cabo el proceso de adsorción de impurezas que provocan olor, color o sabor indeseable. (16)

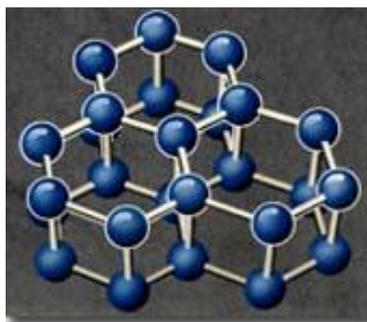


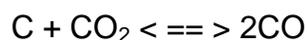
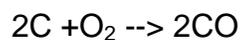
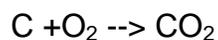
Figura. 9 estructura cristalina del carbón activado. (14)

Existen básicamente dos procesos a través de los cuales se puede lograr la activación: (17)

- Proceso Físico
- Proceso Químico

- Proceso físico:

La activación física consiste en oxidar la materia prima a altas temperaturas en presencia de un agente oxidante, usualmente, vapor de agua, debido a que la reacción es endotérmica es necesario generar una temperatura constante, normalmente y dependiendo de la materia prima, ésta es de 800°C. Los agentes activantes que se suelen usar son: Oxígeno (raramente a escala industrial) aire, vapor de agua (el más usado) y CO₂. Estos agentes dan lugar a las siguientes reacciones químicas que eliminan átomos de carbono produciendo así la porosidad: (16)



- Proceso químico:

La activación química se basa en la deshidratación de la materia prima, mediante sustancias químicas y a una temperatura media (400 a 600 °C.), ésta depende de la sustancia química a utilizar para activar el carbón.

Los agentes químicos normalmente utilizados son el ácido fosfórico, el cloruro de zinc y el ácido sulfúrico.

El precursor, normalmente un material ligno-celulósico como madera, se impregna con un agente químico, preferentemente ácido fosfórico (aunque también se puede utilizar cloruro de cinc), y el material impregnado se calienta en un horno a 500-700°C. El carbón resultante se lava profundamente para eliminar los restos del agente químico usado en la impregnación.⁽¹⁶⁾

3.30 Aplicaciones del carbón activado

Entre las principales aplicaciones del Carbón Activado están:

- Tratamiento de aguas residuales.
- Potabilización de agua.
- Deodorización y decoloración de líquidos (jugos, vinos, vinagres, destilados).
- Decloración de agua.
- Retención de contaminantes orgánicos como solventes y fenoles, producto de la descomposición de desechos animales y vegetales.
- Eliminación de los trihalometanos formados de la reacción entre el cloro libre y la materia orgánica disuelta en el agua.

- Purificación de medicamentos.
- Clarificación de mieles (Industria Dulcera).
- Clarificación de aceites.
- Retención de excesos de Flúor en agua utilizada especialmente en la industria alimenticia (embotelladoras, cervecerías, productos lácteos, potabilizadoras estatales y municipales), para obtener niveles dentro de la norma.
- Eliminación de sabor, olor y ozono del agua.
- Remoción de sólidos suspendidos.
- Purificación de aire.
- Purificación de gases industriales. ⁽¹⁵⁾

3.31 FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO.

El carbón activado puede fabricarse a partir de todo material carbonoso, en donde cada materia prima le brindara propiedades distintas. Los filtros de carbón activado son utilizados principalmente para la purificación del agua, es decir, como un potabilizador doméstico.

Estos tipos de filtros domésticos, están compuesto por carbón activo granular, es decir, por partículas del tamaño de granos de arena, instalados dentro de una carcasa. Se le suele colocar antes del carbón, un tejido de polipropileno, para retener sólidos de mayor diámetro.

Los filtros de carbón activado se utilizan siempre como parte de un sistema de extracción y tratamiento para limpiar aguas subterráneas, de rio, lago, pozo, manantial, aguas municipales o agua salobre.

Los filtros con partículas más pequeñas de carbón activado tienen generalmente una mejor tasa de adsorción. Por otro lado, la acidez y temperatura del agua a filtrar influyen en el desempeño del filtro de carbón activado. A mayor acidez y menor temperatura del agua, el desempeño de los filtros de carbón activado mejora. El asbesto no puede ser eliminado del agua a través de un filtro de carbón activado. El tamaño del poro del carbón activado y

el tamaño de las partículas a filtrar también influyen en la vida y capacidad de filtración del filtro de carbón activado. Por lo que la única forma de saber si un filtro de carbón activado ha dejado de funcionar es hacer un análisis del agua resultante del filtro, pues ni el sabor u olor pueden ser un referente certero. Una vez que se ha saturado un filtro de carbón activado, el agua que pase por él, resultará más contaminada que si no se filtrara. (42)



Figura. 10 Carbón Activado.

CAPITULO IV
DISEÑO METODOLOGICO

4.0 DISEÑO METODOLOGICO

4.1 Tipo de estudio.

Retrospectivo: Porque se tomaron referencias de estudios anteriores.

Prospectivo: Porque servirá de insumo para estudios futuros.

Experimental: Ya que se realizaron pruebas de laboratorio en la Facultad de Química y Farmacia Universidad de El Salvador.

4.2 Investigación Bibliográfica.

La investigación bibliográfica se realizó en las siguientes bibliotecas:

- Facultad de Química y Farmacia “Dr. Benjamín Orozco” Universidad de El Salvador (UES).
- Biblioteca Central de Universidad de El Salvador.
- Biblioteca de la Facultad de Ciencias Agronómicas Ing. Félix Choisy, Universidad de El Salvador (UES).
- Universidad Centroamericana José Simeón Cañas.
- Universidad “Dr. José Matías Delgado”.
- Internet.

4.3 INVESTIGACIÓN DE CAMPO.

Universo: Agua potable de los grifos de los laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador.

Muestra: Agua potable de los grifos seleccionados de las diferentes áreas del Laboratorio de la Facultad de Química y Farmacia Universidad de El Salvador, antes y después de ser filtradas.

TOMA DE MUESTRA.

Tipo de muestreo: Dirigido y puntual al laboratorio de la Facultad de Química y Farmacia.

Se eligieron 5 puntos tomados al azar de los diferentes grifos ubicados en el Laboratorio de la Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador.

Los puntos a muestrear fueron los grifos de la planta alta y baja de las siguientes áreas (Anexo N° 2 y 3):

1. Laboratorio de Tecnología Farmacéutica.
2. Laboratorio de Control de Calidad.
3. Laboratorio de Química General.
4. Laboratorio de Microbiología.
5. Laboratorio Fisicoquímico de aguas.

Se tomaran dos muestras de un litro de cada uno de los 5 puntos seleccionados para cada una de las áreas, haciendo un total de diez muestras, las cuales fueron recolectadas en envases plásticos, blancos de polietileno natural con capacidad de un litro (Anexo N° 10), y posteriormente rotuladas (Anexo N° 1), y

transportadas al área del Laboratorio de Contaminación Ambiental donde se realizaron los respectivos análisis.

De las muestras de agua de un litro recolectadas se midieron en una probeta 250 mL los cuales se depositaron en beakers previamente rotulados (Anexo N° 1), limpios y secos. Este volumen de muestra se repartió para realizar las determinaciones antes de someter las muestras a filtración utilizando 100 mL para el análisis de dureza en agua, 100 mL para cloro residual y 50 mL para determinar el pH. De los 750 mL restantes 500 mL se hicieron pasar por los filtros de carbón activado elaborados utilizando para las muestras 1 a 3 el filtro de 25 gramos de carbón activado, el de 50 gramos para las muestras 4 a la 6 y las muestras 7 a la 10 se filtraron el que contenía 100 gramos de carbón activado; se recibió el agua una vez filtrada en beakers de 1000 mL limpios y secos, llevando un control del tiempo que tardo la muestra en atravesar el filtro y la cantidad de agua filtrada, posteriormente se identificó cada muestra con su respectiva etiqueta (Anexo N° 1).

Finalmente a las muestras de agua filtrada se le realizaron los análisis de dureza total, cloro residual y pH.

4.4 Parte Experimental

4.4.1 Limpieza de los envases ⁽¹⁾

1. Enjuagar con agua potable cada uno de los envases de polietileno color blanco con capacidad de un litro.
2. Adicionar a cada envase 50 mL HCl 1M y dejar reposar de 12 a 24 horas.
3. Enjuagar con agua destilada para eliminar los restos de ácido. No debe emplearse detergente ya que pueden ser absorbidos por las paredes.

4.4.2 Toma de muestra ⁽¹⁾

1. Abrir el grifo seleccionado y dejar correr el agua potable durante 1 minuto,
2. Disminuir el caudal del grifo, para evitar salpicaduras.
3. Destapar el frasco de polietileno sin tocar la boca del mismo ni el interior del tapón.
4. Sujetar con una mano el tapón cuidando de que no toque ninguna superficie.
5. Con la otra mano tomar la muestra de agua llenado completamente el frasco.
6. Cerrar inmediatamente el frasco comprobando que se ha hecho correctamente. Cerrar el grifo.
7. Identificar las muestras recogidas en los envases con su respectiva etiqueta y colocarlos en una hielera para mantener una temperatura de 4°C.
8. Transportar las muestras cuidadosamente al lugar donde se realizara la determinación de cloro residual, dureza total y pH de las muestras; inmediatamente después de haber sido tomadas.

4.4.3 Elaboración de carbón activado ⁽³¹⁾

Los endocarpos de coco se obtuvieron del punto de ventas de cocos ubicado entre la 23 calle poniente y 25 avenida norte, frente a condominio medico la Esperanza, (Anexo N° 4) de donde fueron recolectadas para realizar el siguiente procedimiento:

1. Colocar los endocarpos de coco al sol el tiempo necesario para que sequen y pierdan humedad para que posteriormente puedan carbonizarse.
2. En una bandeja de aluminio colocar los endocarpos de coco desecados.
3. Colocar al fuego los endocarpos desecados hasta su carbonización en un sitio adecuado.
4. Cuando estén completamente carbonizados y antes que el fuego consuma en cenizas lo que se tiene en la bandeja se rociara con agua desmineralizada utilizando una piseta hasta dejarlo en brasas.
5. Esperar a que se enfríe (15-20 minutos) y seleccionar los trozos de carbón.
6. Carbonizar el carbón en mufla a 800°C durante una hora para su activación.
7. Pulverizar en mortero con pistilo el carbón hasta el tamaño de granulo adecuado.

4.4.4 Procedimiento para la elaboración del filtro de carbón activado (9, 10)

1. Tomar un envase de polietileno transparente de uso alimentario con capacidad de un litro y cortarlo por la parte superior creando una tapa que se pueda abrir y cerrar. (Anexo N° 5)
2. Colocar el envase en un soporte metálico con la tapa hacia abajo.
3. Colocar en el fondo del envase papel filtro poro grueso y una capa de carbón activado obtenido del endocarpo de Coco de 2 pulgadas aproximadamente en la parte superior.
4. Filtrar el resto de agua potable hasta que se filtre toda la muestra (a la cual se le habrá realizado previo al filtrado la determinación de cloro residual, dureza total y toma de pH) dentro del envase y esperar a que la misma comience a filtrar.
5. Cerrar la tapa superior del envase que contiene el carbón activado y dejar reposar el agua por 15 minutos. Dejar el filtro siempre en posición vertical.
6. Abrir la boca del envase de la parte inferior y deje que el agua ya filtrada, se deposite en un beaker de un litro colocado por debajo del filtro. Tomar el tiempo que tarda el agua en atravesar el filtro.
7. Identificar cada una de las muestras con la etiqueta correspondiente (Anexo N° 1).

8. Realizar determinación de cloro residual, dureza total y pH posteriores al filtrado al agua para ver la capacidad de retención del filtro elaborado.

4.4.5 Determinación de pH. ⁽⁶⁾

Método: Potenciométrico.

Fundamento.

El pH es un parámetro que sirve para medir o expresar la acidez o la alcalinidad de un líquido. Se define como el exponente positivo de la concentración de los iones del Hidrógeno.

Procedimiento ⁽³⁾

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 2 cm en el vaso y mover suavemente.
4. Esperar a que la lectura del pH se estabilice.
5. Anotar el valor que aparece en pantalla.
6. Lavar el electrodo con agua destilada utilizando un frasco lavador.
7. Secar cuidadosamente con papel absorbente.

4.4.6 Determinación de Dureza. ⁽¹⁾

Método: Volumétrico.

Fundamento:

El ácido etilendiaminotetraacético y sus sales de sodio forman un complejo de quelato soluble al añadirse a 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 del rojo vino a azul, señalando el punto final de la titulación.

4.4.6.1 Estandarización del EDTA ⁽¹⁾

1. Colocar 5.0 mL de solución de CaCl_2 0.01 N en un erlenmeyer de 125 mL.
2. Adicionar 5 gotas de solución buffer de pH 10, y 3 gotas de indicador de Eriocromo negro T aparecerá un color púrpura.
3. Titular solución de EDTA cuya normalidad se desea conocer hasta la aparición de un color azul.

La Normalidad del EDTA se calcula mediante la fórmula:

$$V_1 N_1 = V_2 N_2$$

Despejando:

$$N_2 = V_1 \times N_1 / V_2$$

Dónde:

N_2 = Normalidad del EDTA

V_1 = mL de solución de CaCl_2

N_1 = normalidad de la solución de CaCl_2

V_2 = mL gastados de EDTA

Procedimiento: ⁽¹⁾

1. Colocar 5.0 mL de la muestra de agua en un erlenmeyer de 125 mL.
2. Agregar 5 gotas de buffer PH 10.
3. Añadir 3 gotas de indicador negro de Eriocromo T.
4. Titular con solución EDTA 0.01 N previamente estandarizada hasta el cambio de color púrpura a azul.

Cálculos:

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

Dónde:

V = mL gastados de EDTA

N = Normalidad del EDTA

Cálculo para Dureza total expresada como ppm de CaCO_3
 $\text{mg/L de Dureza Total} = [\text{meq/L (Ca}^{+2} \text{ y Mg}^{+2})] * (50)$

Dónde: 50= Eq CaCO_3

4.4.7 Determinación de cloro residual ⁽¹⁾

Método: Yodométrico.

Fundamento:

El Cloro liberara Yodo a partir de la solución de Yoduro de Potasio (KI) a pH 8 o inferior. El Yodo libre se valora con una solución de Tiosulfato de Sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) y almidón como indicador.

4.4.7.1 Estandarización de la solución de Tiosulfato de Sodio. ⁽¹⁾

1. Disolver 4.9 g de Dicromato de Potasio anhidro en agua destilada y diluir a 1000 mL. Conservar en frasco de vidrio protegido de la luz.
2. Añadir a 80 mL de agua destilada con agitación constante 1 mL de ácido sulfúrico concentrado 10 mL de solución 0.1 N de Dicromato de Potasio y 1 g de Yoduro de Potasio.
3. Dejar reposar la mezcla durante 10 minutos en la oscuridad.
4. Titular con solución de Tiosulfato de Sodio 0.1 N hasta que casi desaparezca el color amarillo del Yodo liberado.
5. Añadir 1 mL de solución indicadora de almidón y continuar la valoración

hasta la desaparición total del color azul.

6. Calcular la Normalidad (N) de la solución de Tiosulfato de Sodio mediante la fórmula:

$$N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{1}{\text{mL de Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ consumidos.}}$$

Procedimiento:

1. Colocar 50 mL de la muestra de agua potable en un erlenmeyer de 250 mL.
2. Adicionar cantidad suficiente de Ácido Acético Glacial para reducir el pH a un valor comprendido entre 3 y 4.
3. Añadir 1g de Yoduro de Potasio y homogenizar mediante agitación.
4. Titular con solución de Tiosulfato de Sodio 0.01 N fuera de la luz solar directa hasta que casi desaparezca el color amarillo del Yodo libre.
5. Agregar 1 mL de solución de almidón y valorar hasta la desaparición del color azul.
6. Realizar el análisis de un blanco utilizando agua destilada.
7. Determinar el Cloro residual total disponible en la muestra de agua potable mediante la fórmula:

$$\text{Mg de cloro como Cl}_2\text{/L} = \frac{(A + B) * N * 35.45}{\text{mL de muestra}}$$

Dónde:

A = mL de valorante gastados para la muestra.

B = mL de valorante gastados para el blanco (positiva o negativa)

N = Normalidad de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

35.45 = Constante.

CAPITULO V
RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.0 RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.1 Elaboración del filtro de carbón activado.

Para elaborar los filtros de carbón activado se utilizaron 3 envases plásticos cilíndricos de uso alimentario, dos de ellos con capacidad de 750 mL para elaborar los filtros con 25 y 50 gramos de carbón activado y uno con capacidad 1000 mL para elaborar el filtro con 100 gramos de Carbón activado. Cada uno de ellos se abrió por la parte superior formando una tapa y posteriormente, se colocaron en un trípode que serviría como soporte del filtro. (Figura N°11).



Figura N° 11: Filtros elaborados conteniendo 25, 50 y 100 gramos de carbón activado.

A cada uno de los envases se le introdujo un trozo de papel filtro poro grueso de tamaño adecuado y se adiciono la cantidad de Carbón activado necesaria en cada uno de ellos.

Una vez elaborado los filtros de carbón activado se agregaron 250 mL de cada una de las muestras de agua potable luego se esperó el tiempo necesario para que estas atravesaran completamente el filtro obteniendo un tiempo promedio de 10 a 15 minutos. Se procedió a realizar las determinaciones de pH, Cloro residual y Dureza total.

En la siguiente tabla se reportan las muestras utilizadas con 25, 50 y 100 gramos de Carbón activado y el tiempo que se tardaron cada una de ellas en filtrar.

Tabla N° 5: Cantidad de carbón activado utilizado para filtrar cada una de las muestras y tiempo que tardaron en filtrar.

Muestras	Cantidad de Carbón activado	Tiempo que tardo en atravesar el filtro
1	25 gramos	10 minutos
2	25 gramos	11 minutos
3	25 gramos	11 minutos
4	50 gramos	12 minutos
5	50 gramos	13 minutos
6	50 gramos	12 minutos
7	100 gramos	14 minutos
8	100 gramos	14 minutos
9	100 gramos	15 minutos
10	100 gramos	14 minutos

En la tabla N° 5 se presentan las diez muestras que se hicieron pasar por el filtro de carbón activado elaborado utilizando cantidades de 25, 50 y 100 gramos, se observa que a mayor cantidad utilizada de Carbón activado el tiempo que tarda en filtrar la muestra es mayor ya que el papel filtro utilizado en el mismo, se satura por lo que disminuye la velocidad de filtración.

Porcentaje de rendimiento.

Se determinó el porcentaje de rendimiento (Tabla N° 6), pesando los endocarpos de coco una vez eliminada la humedad, luego los endocarpos se carbonizaron (Anexo N° 9) y el carbón resultante de ellos se pulverizo en mortero con pistilo las veces necesarias hasta obtener una cantidad de Carbón activado igual o mayor a 175g que es la cantidad a emplear para realizar los

respectivos análisis de pH, Dureza total y Cloro residual, posteriormente se colocó en crisoles y se introdujo a la mufla a una temperatura de 800 °C durante una hora, esto con el fin de eliminar toda la materia orgánica que contenía y de esta manera activarlo obteniendo un carbón inerte, el cual se enfrió para separar el carbón de la ceniza que queda por encima.

Se pesó el carbón activado resultante y se determinó el porcentaje de rendimiento mediante la fórmula:

$$\% \text{ Rend.} = \text{peso final/Inicial} \times 100 \quad (30)$$

$$\% \text{ Rend} = 202.11 / 27384.4 \times 100 = 0.74\% \text{ (Tabla N}^\circ \text{ 6)}$$

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

El rendimiento teórico o ideal de un procedimiento debería ser el 100%, un valor que es imposible alcanzar en la mayoría de 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 del 50% son regulares, y debajo del 40% son pobres. Los rendimientos parecen ser superiores al 100% cuando los productos son impuros. (41)

Tabla N° 6: Porcentajes de rendimiento obtenidos de los endocarpos secos.

Peso de los endocarpos secos (g)	Cantidad de Carbón activado obtenido (g)	Porcentaje de rendimiento.
5637.48	42.55	0.75%
3975.13	27.32	0.68%
5455.81	43.35	0.79%
4233.58	31.25	0.74%
3729.18	24.36	0.65%
4353.22	33.28	0.76%
Sumatoria: 27384.4	202.11	

Para determinar el porcentaje de rendimiento obtenido se realizó la sumatoria de los pesos de los endocarpos de coco secos antes de ser carbonizados y la de carbón activado total obtenido para determinar un porcentaje de rendimiento total, obteniendo como resultado 0.74% el cual es muy bajo.

Según los resultados, observamos que el porcentaje de rendimiento que se obtiene al producir carbón activado de endocarpos de coco es muy pobre ya que este es menor del 40%.

5.2 Análisis de resultados obtenidos en los parámetros fisicoquímicos.

Tabla N° 7: Resultados obtenidos de pH de las muestras de agua potable antes y después de ser modificadas químicamente.

N° de Muestra	pH de las muestras sin modificar químicamente.	Hipoclorito de sodio agregado. (mL)	* pH de muestras modificadas químicamente
1	6.78	10	7.87
2	6.78	10	8.02
3	6.79	10	7.90
4	6.83	10	7.94
5	6.81	10	8.10
6	6.82	20	11.64
7	6.83	20	10.50
8	6.82	20	11.30
9	6.98	20	10.90
10	6.95	20	11.55
Límite máximo para pH establecido por la Norma Salvadoreña Obligatoria para agua potable: 8.5			

* pH de las muestras de agua potable modificadas químicamente con Hipoclorito de Sodio antes de ser filtradas.

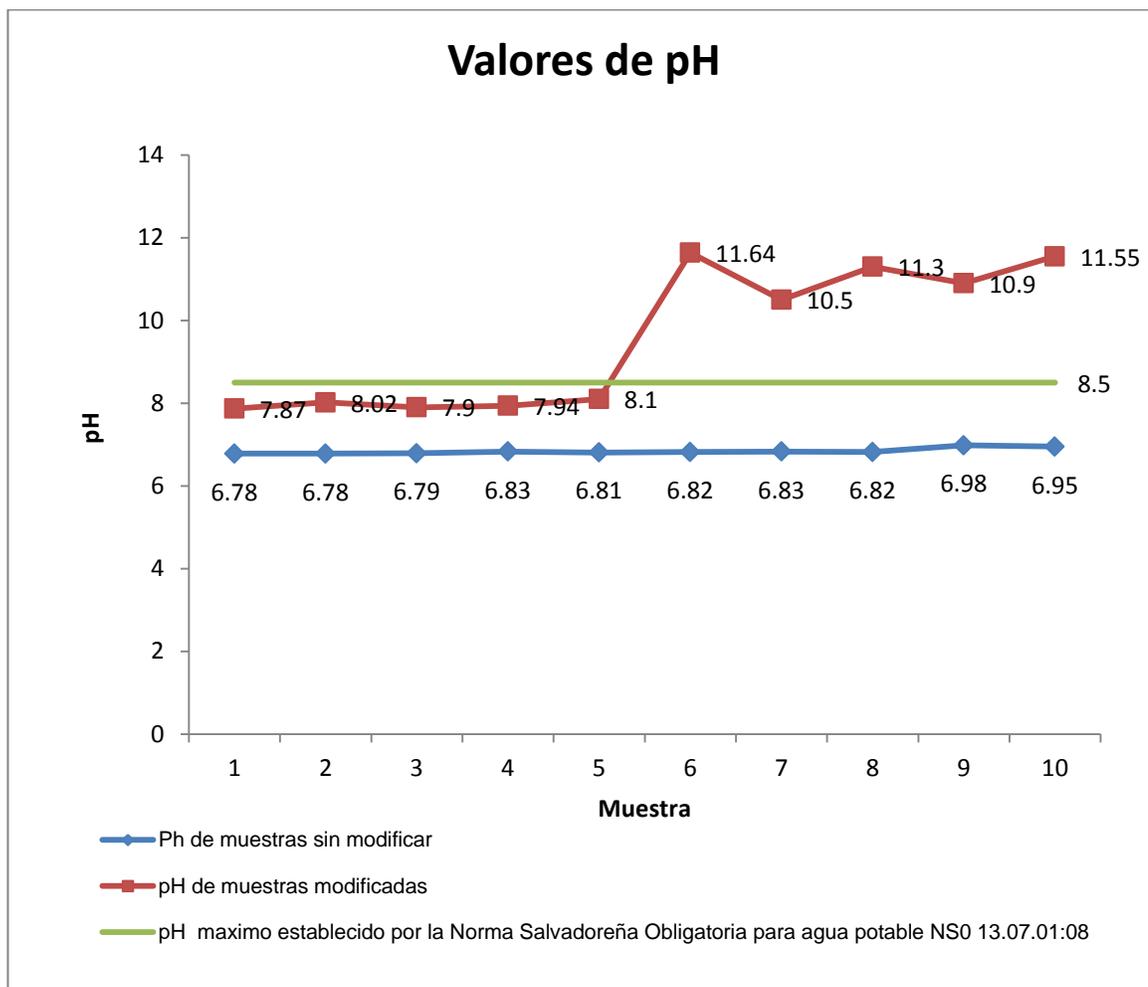


Figura N° 12: Gráfico de resultados obtenidos de pH en las muestras de agua potable antes y después de ser modificadas químicamente con Hipoclorito de Sodio.

El agua utilizada en los Laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, presenta solamente trazas de Cloro que no pueden ser cuantificadas mediante el método Yodométrico, por este motivo; las muestras de agua potable 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 10 mL de Hipoclorito de Sodio a las

muestras desde la 1 a la 5 y 20 mL de Hipoclorito de Sodio a las muestras 6 a la 10. Para llevar a cabo esta modificación se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

1. Destapar el frasco que contiene los 1000 mL de muestra de agua potable.
2. Pipetear 10.0 mL de Hipoclorito de Sodio 5% y adicionarlo en el frasco que contiene la muestra de agua potable.
3. Tapar el frasco y agitar vigorosamente para homogenizar
4. Repetir el procedimiento para las muestras 2, 3, 4, 5.
5. Utilizar 20.0 mL de Hipoclorito de Sodio para las muestras 6, 7, 8, 9, y 10.

En el Figura N° 12, se muestran los resultados obtenidos en la determinación de pH mediante el método Potenciométrico antes de que estas fueran modificadas con Hipoclorito de Sodio, el resultado demuestra que las muestras de agua potable se encuentran dentro del límite máximo permitido por la Norma Salvadoreña Obligatoria para agua potable, el cual es de 8.5.

Para evaluar la relación que tiene la cantidad de carbón activado utilizada en el filtro respecto al porcentaje de retención de los componentes analizados se elaboraron tres filtros utilizando diferentes cantidades de carbón activado (25 g, 50 g, 100 g), por este motivo las muestras 1 a la 3 fueron tratadas en el filtro que contenía 25 g de carbón activado, de la 4 a la 6 en el filtro de 50 gramos de y las muestras restantes que corresponden a las muestras 7 a la 10 en el filtro que contenía 100 gramos de carbón activado.

Una vez se les adiciono Hipoclorito de Sodio se determinó nuevamente el pH para verificar la variación en su valor observando que las muestras a las que se les adiciono 10 mL de Hipoclorito de sodio (Muestras 1- 5) aumentan de pH debido a la alcalinidad que proporciona el Hipoclorito de Sodio pero no sobrepasaron el límite de pH que establece la Norma NSO 13.07.01:08. En cuanto a las muestras a las que se les adiciono 20 mL de Hipoclorito de Sodio

(6-10) aumentaron su valor de pH a tal grado de sobrepasar el límite máximo permitido por la Norma Salvadoreña Obligatoria para agua potable.

Se sometieron las muestras a filtración y una vez más se tomó el valor de pH de cada muestra obteniendo los siguientes resultados:

Tabla N° 8: Resultados obtenidos de pH de las muestras de agua potable modificadas químicamente antes y después de ser filtradas.

N° de muestra	*pH de muestras modificadas químicamente.	** pH (25 g de CA)	** pH (50 g de CA)	** PH (100 g de CA)
1	7.87	6.67	-	-
2	8.02	6.53	-	-
3	7.90	6.25	-	-
4	7.94	-	6.23	-
5	8.10	-	6.42	-
6	11.64	-	8.54	-
7	10.50	-	-	8.20
8	11.30	-	-	8.33
9	10.90	-	-	8.60
10	11.55	-	-	8.32
Límite máximo para pH establecido por la Norma Salvadoreña Obligatoria para agua potable: 8.5				

* pH de las muestras de agua potable modificadas químicamente con Hipoclorito de Sodio antes de ser filtradas.

** pH de las muestras de agua potable después de ser filtradas utilizando 25, 50 y 100 gramos de Carbón activado.

- Valores no reportados debido a que se dividieron las muestras de acuerdo al número de filtros. Por esta razón las muestras 1-3 se filtraron solamente en el filtro de 25 g de CA, las muestras 4-6 en el filtro de 50 g de CA y las muestras 7-10 en el filtro de 100 g de CA

CA Carbón Activado.

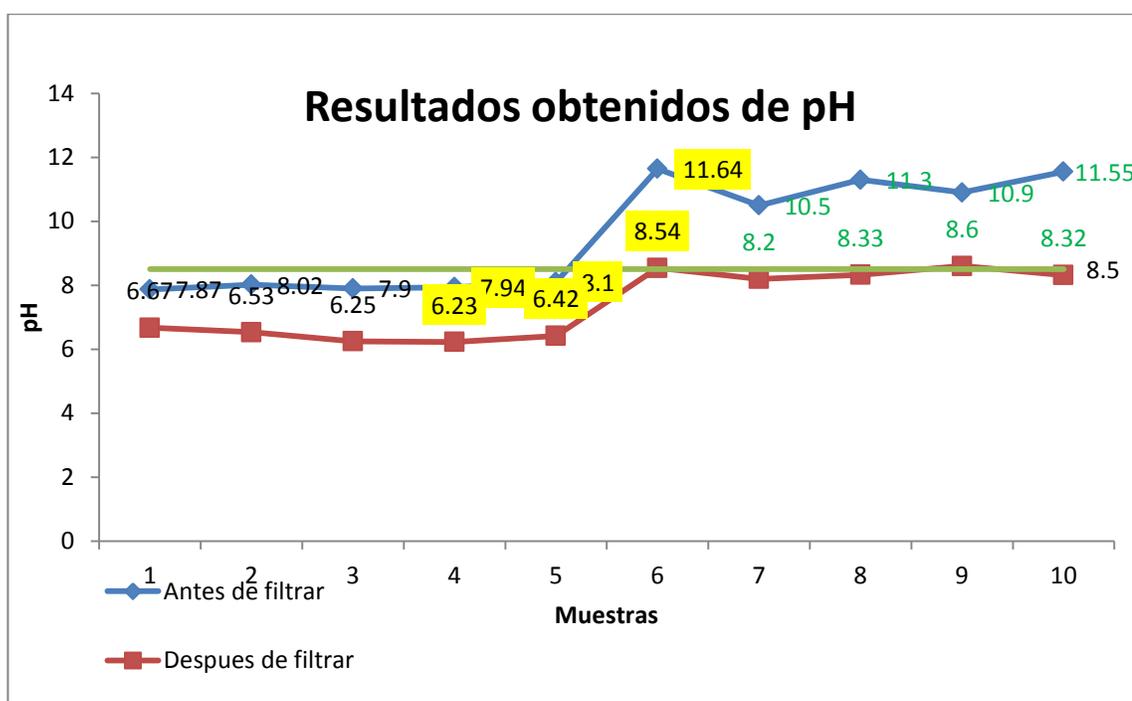


Figura N° 13: Gráfico de resultados obtenidos de pH antes y después de filtrar las muestras de Agua potable modificadas con Hipoclorito de Sodio.

Según la Norma Salvadoreña Obligatoria para agua potable el valor máximo permitido de pH es de 8.5 no estableciendo un valor mínimo para el mismo.

En la Figura N° 13 se muestran los resultados de pH obtenidos antes y después de haber sido filtradas las muestras de agua potable y se observó que este disminuye notablemente debido a que el filtro de carbón activado retiene calcio, magnesio y cloro que son compuestos que le brindan un pH básico al agua potable, al quedar retenidos estos compuestos en el filtro; el pH de las muestras de agua potable disminuye.

Tabla N° 9: Resultados obtenidos de dureza total en muestras de agua potable antes y después de ser filtradas.

N° de Muestra	Hipoclorito de Sodio agregado. (mL)	* mg/l de Dureza total	** mg/l de Dureza total (25g de CA)	** mg/l de Dureza total (50g de CA)	** mg/l de Dureza total (100g de CA)
1	10	301.08	30.18	-	--
2	10	301.08	30.18	-	-
3	10	241.44	30.18	-	-
4	10	271.62	-	40.24	-
5	10	251.15	-	30.18	-
6	20	301.80	-	40.24	-
7	20	261.56	-	-	40.24
8	20	271.62	-	-	30.18
9	20	261.56	-	-	30.18
10	20	281.68	-	-	40.24
Límite máximo para dureza total establecido por la Norma Salvadoreña Obligatoria para agua potable: 500 mg/l de CaCO ₃					

* Miligramos por litro de dureza total en las muestras de agua potable antes de ser filtradas.

Miligramos por litro de dureza total en las muestras de agua potable después de ser filtradas
 ** utilizando 25, 50 y 100 gramos de carbón activado.

Valores no reportados debido a que se dividieron las muestras de acuerdo al número de
 - filtros. Por esta razón las muestras 1-3 se filtraron solamente en el filtro de 25 g de CA, las
 muestras 4-6 en el filtro de 50 g de CA y las muestras 7-10 en el filtro de 100 g de CA.

CA: Carbón Activado.

Ejemplo de cálculo de dureza total para muestra N° 1:

$$\text{Meq/L Ca}^{+2} \text{ y Mg}^{+2} = \frac{3.0 \text{ mL} \times 0.01 \times 1000}{50 \text{ mL}} = 6.036 \text{ meq/L.}$$

$$\text{mg/L CaCO}_3 = 6.036 \text{ Meq/L Ca}^{+2} \text{ y Mg}^{+2} \times 50 = 301.8 \text{ mg/L de CaCO}_3.$$

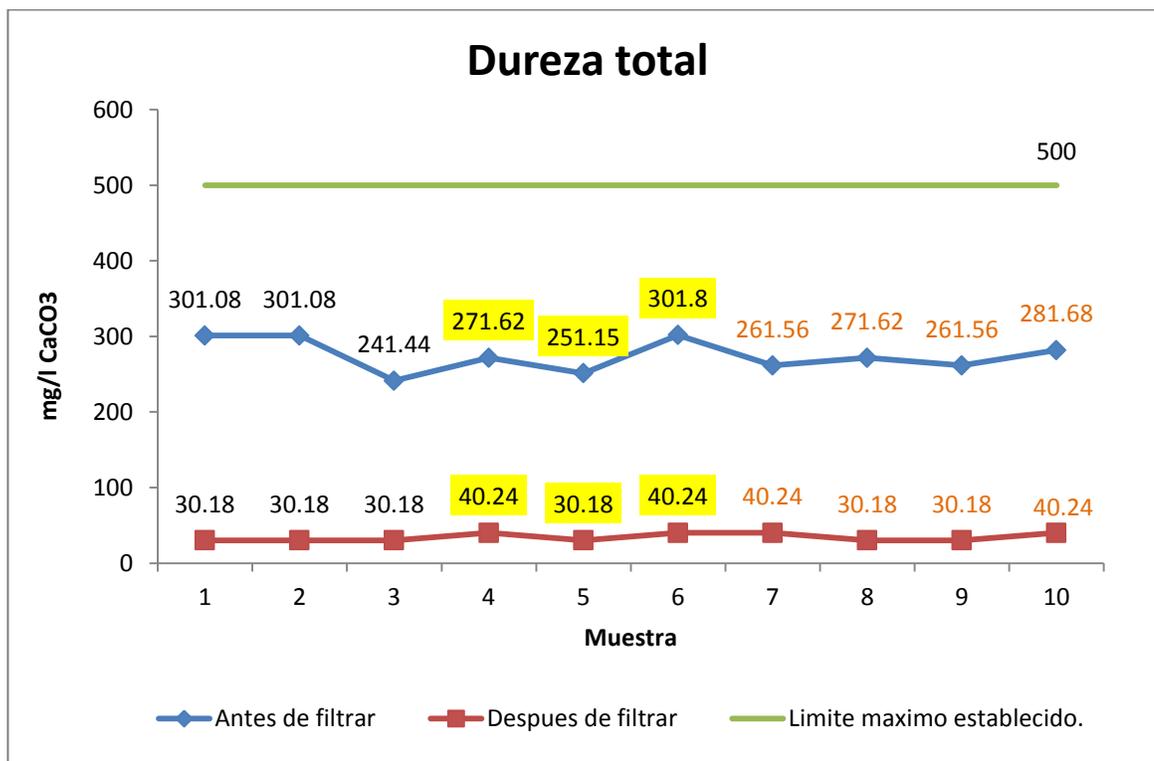


Figura N° 14: Resultados de Dureza total obtenida en muestras de agua potable antes y después de ser filtradas.

La dureza total en el agua potable se determinó mediante el método de titulación volumétrico utilizando EDTA como titulante y negro de Eriocromo T como indicador.

En el Figura N° 14, se muestran los resultados obtenidos en la determinación de dureza total en las muestras de agua potable, la Norma Salvadoreña Obligatoria para agua potable establece un límite máximo de 500 mg por litro de carbonato de calcio.

De acuerdo a la clasificación del agua según su dureza (Tabla N° 10), el agua potable utilizada en los Laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador está clasificada como agua dura ya que se obtuvieron valores de CaCO₃ comprendidos entre 241.44 y 301.8 mg/l, antes

de que estas fueran filtradas, cabe mencionar que la cantidad de Hipoclorito de Sodio adicionada no altera los resultados obtenidos respecto a la dureza total, ya que esta está dada solamente por la cantidad de calcio y magnesio presente en el agua.

Tabla N°10: Clasificación de dureza según el tipo de agua.

DUREZA (mg/L CaCO₃)	TIPO DE AGUA
0 a 75 mg/L de CaCO ₃	Agua suave
75 A 150 mg/L de CaCO ₃	Agua poco dura
150 a 300 mg/L de CaCO ₃	Agua dura
Más de 300 mg/L de CaCO ₃	Agua muy dura

Una vez filtradas las muestras de agua potable en el filtro de carbón activado, la dureza total disminuye considerablemente ya que al cuantificar el CaCO₃ se obtienen valores comprendidos entre 30.18 y 40.24 miligramos por litro. Se puede notar también que la cantidad de CaCO₃ presente en el agua potable después de ser filtrada es similar para los 3 filtros en este caso independientemente de la cantidad de carbón activado que se haya utilizado en cada uno de ellos.

En lo que respecta al cloro residual total en las muestras de agua potable se utilizó el método Yodométrico obteniendo los siguientes resultados:

Tabla N° 11: Resultados obtenidos de cloro residual libre en las muestras de agua potable antes y después de ser filtradas.

N° de Muestra	Hipoclorito de Sodio agregado. (mL)	* meq/l de Cloro residual	**meq/l de Cloro residual (25 g CA)	**meq/l de Cloro residual (50 g CA)	**meq/l de Cloro residual (100 g CA)
1	10	0.288	0.132	-	-
2	10	0.288	0.124	-	-
3	10	0.296	0.132	-	-
4	10	0.288	-	0	-
5	10	0.304	-	0	-
6	20	0.546	-	0.086	-
7	20	0.522	-	-	0
8	20	0.530	-	-	0
9	20	0.546	-	-	0
10	20	0.530	-	-	0

Límite máximo para cloro residual libre establecido por la Norma Salvadoreña Obligatoria para agua potable NSO 13:01.07: 08: 1.1 meq/L

* Miliequivalentes por litro de cloro residual libre en las muestras de agua potable antes de ser filtradas

** Miliequivalentes por litro de cloro residual libre en las muestras de agua potable después de ser filtradas utilizando 25, 50 y 100 gramos de carbón activado.

- Valores no reportados debido a que se dividieron las muestras de acuerdo al número de filtros. Por esta razón las muestras 1-3 se filtraron solamente en el filtro de 25 g de CA, las muestras 4-6 en el filtro de 50 g de CA y las muestras 7-10 en el filtro de 100 g de CA

CA: Carbón Activado

Ejemplo de cálculo para la determinación de cloro residual en muestra N° 1:

$$(1.6 \text{ mL} + 1.0) * 0.156 * 35.45$$

$$\text{Mg de cloro como Cl}_2/\text{L} = \frac{\text{-----}}{50 \text{ mL}} = 0.288 \text{ meq/L}$$

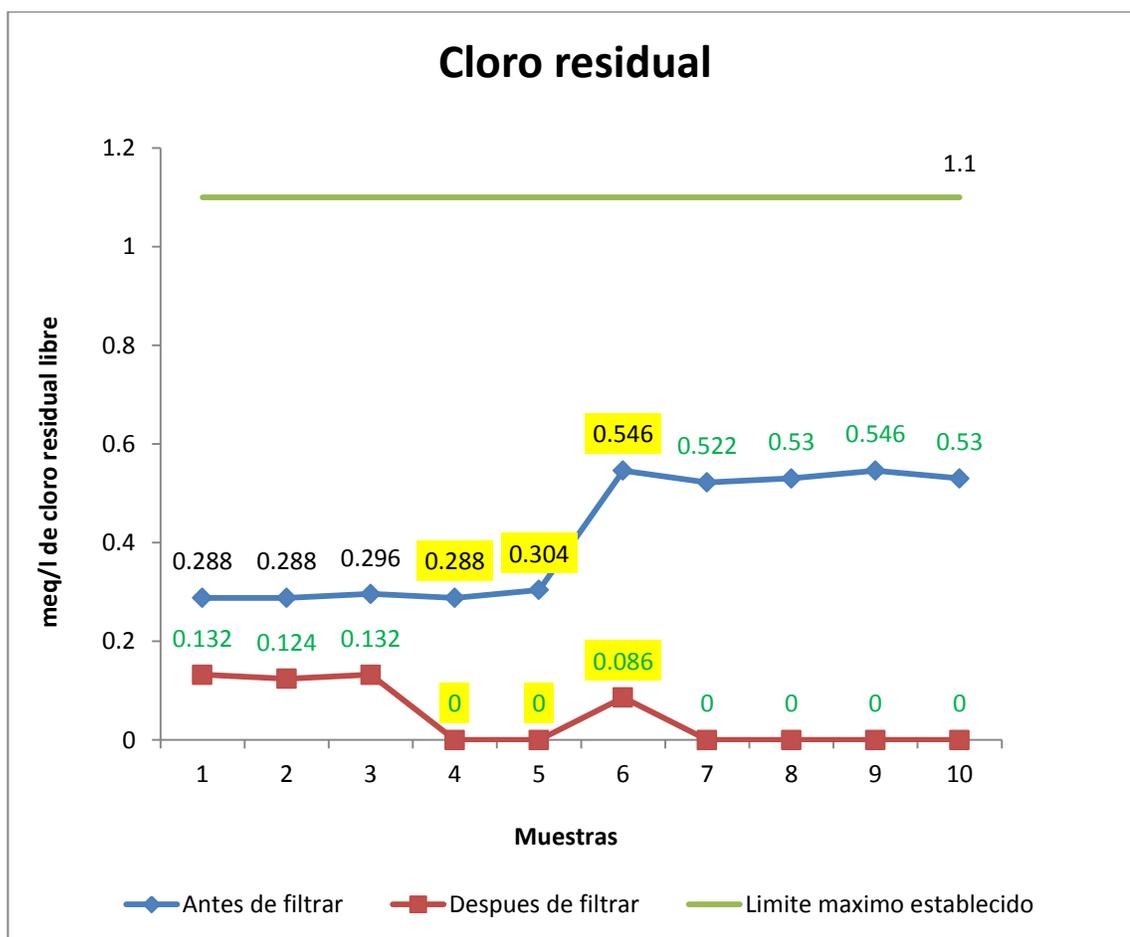


Figura N° 15. Resultados obtenidos de Cloro residual libre en las muestras de agua potable antes y después de ser filtradas.

En el Figura N° 15, se muestran los resultados obtenidos en la determinación de cloro residual libre en las muestras de agua potable modificadas químicamente con Hipoclorito de Sodio antes y después de ser filtradas

observamos que los filtros de carbón activado resultan útiles en la retención de cloro residual debido a la disminución de la cantidad de este compuesto mostrada una vez las muestras fueron filtradas. En este caso observamos que la cantidad de carbón activado utilizada en los filtros influye en la cantidad de cloro residual retenido, ya que a mayor cantidad de carbón activado utilizada en el filtro hay mayor retención de cloro residual libre.

Una vez realizadas las determinaciones de dureza total y cloro residual libre antes y después de filtrar las muestras de agua potable se determinó el porcentaje de retención que tuvo el filtro para cada una de ellas obteniendo los siguientes resultados:

Tabla N° 12: Porcentajes de retención de dureza total y cloro residual libre

N° de muestra	Cantidad de Carbón activado en el filtro (g)	Porcentaje de retención de dureza total	Porcentaje de retención de cloro residual.
1	25	89.97 %	54.16 %
2	25	89.97 %	56.94 %
3	25	87.50 %	55.41 %
4	50	85.18 %	100 %
5	50	87.98 %	100 %
6	50	84.61 %	84.25 %
7	100	85.18 %	100 %
8	100	88.88 %	100 %
9	100	88.46 %	100 %
10	100	85.71 %	100 %

Ejemplo de cálculo para la determinación del porcentaje de retención de dureza total y cloro residual en muestra N°1:

Para Dureza:

$$\begin{array}{r} \% \text{ Retención} = 301.08 \text{ -----} 100\% \\ \phantom{\% \text{ Retención}} 30.18 \text{ -----} X \end{array}$$

$$X = 10.0239\%$$

$$100 - 10.0239\% = 89.97\%$$

Para Cloro:

$$\begin{array}{r} \% \text{ Retención} = 0.288 \text{ -----} 100\% \\ \phantom{\% \text{ Retención}} 0.132 \text{ -----} X \end{array}$$

$$X = 45.8333\%$$

$$100 - 45.8333\% = 54.16\%$$

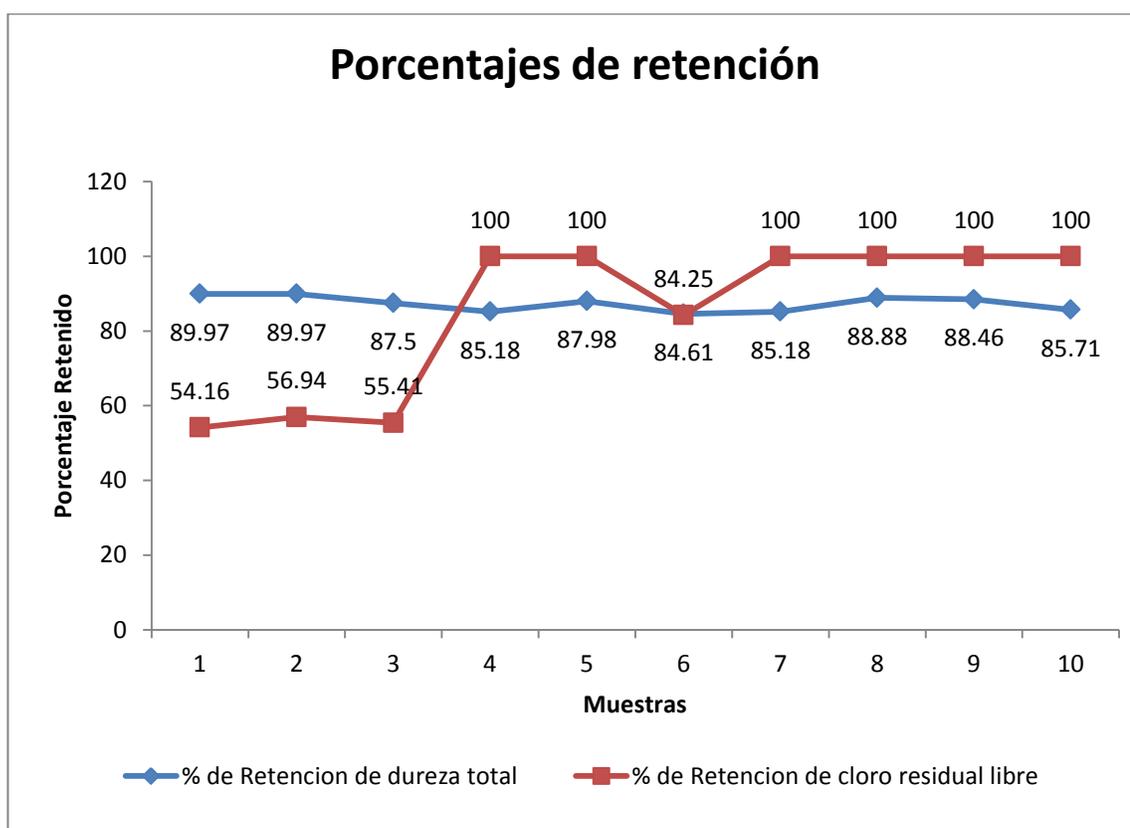


Figura N° 16: Porcentajes de retención para dureza total y cloro residual libre.

De acuerdo al Figura N° 16, se observa que el porcentaje de retención para dureza total es similar con las diferentes cantidades de Carbón activado utilizado en la filtración de las muestras de agua potable 25, 50 y 100 gramos respectivamente. Además se observa que a medida se aumenta la cantidad de Carbón activado aumenta el porcentaje de retención del Cloro residual libre.

CAPITULO VI
CONCLUSIONES

6.0 CONCLUSIONES

1. El porcentaje de rendimiento obtenido en la elaboración de Carbón activado es considerado bajo debido a que el resultado fue de 0.74%.
2. Es necesario controlar el grado de carbonización de los endocarpos para que no lleguen a cenizas porque al producirse una mayor cantidad de ceniza disminuye el porcentaje de rendimiento obtenido.
3. Los resultados de los análisis pH, dureza total y cloro residual en las muestras de agua potable utilizada en los Laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador cumplen con los límites establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08 para agua potable, los valores obtenidos en dichas determinaciones fueron menores.
4. En las muestras de agua potable filtradas se observó que el pH disminuye ya que el filtro, retiene cloro residual libre, calcio y magnesio.
5. El filtro de carbón activado es eficaz en la disminución de dureza total en agua potable, el porcentaje de retención de la misma es mayor a un 80% este resultado fue constante indistintamente si el filtro contenía 25g, 50g o 100g de Carbón activado.
6. La capacidad de retención para la dureza en el agua potable filtrada, se debe a la presencia de ceniza que está compuesta por los siguientes elementos no volátiles como Na, K, S, Fe, Si, Al y P; la cantidad de estos compuestos aumenta en la superficie de Carbón activado cuando este se utiliza en el tratamiento de un líquido que los contenga en este caso las

muestras de agua potable contenían Ca y Mg, y debido a que en el proceso de activación quedan retenidas partículas de ceniza éstas influyen en la adsorción de dichos compuestos.

7. La cantidad de cloro residual libre total en las muestras de agua potable disminuye al ser filtrada en el filtro de carbón activado elaborado, en un promedio de porcentaje igual a 55.50% para el filtro de 25 gramos de carbón activado, 94.75% para el filtro de 50 gramos de carbón activado y 100% para el filtro de 100 gramos de carbón activado. De acuerdo a los resultados obtenidos, la cantidad de cloro residual total retenida es directamente proporcional a la cantidad de carbón activado utilizado en el filtro.
8. El carbón activado por medio de proceso físico a altas temperaturas resulta efectivo en la eliminación de la dureza total y cloro residual libre en agua potable pero este proceso de activación es factible sólo para industrias que cuenten con el equipo necesario para llevar a cabo.
9. La elaboración de carbón activado a partir de endocarpos de coco resulta viable debido a que la materia prima utilizada es fácil de obtener, ya que es un desecho abundante y no representa gastos mayores.

CAPITULO VII
RECOMENDACIONES

7.0 RECOMENDACIONES

1. Realizar investigaciones en la obtención de Carbón activado a partir de endocarpo de coco llevando a cabo su activación por diferentes métodos químicos y físicos.
2. Activar físicamente el carbón utilizando una temperatura de 800°C y verificar la influencia de diferentes temperaturas en la capacidad de retención de los compuestos.
3. Obtener carbón activado a partir de una materia prima diferente a los endocarpos de coco, con el fin de aprovechar los recursos existentes en la naturaleza tales como aserrín, cortezas de árboles, entre otros, que pueden ser utilizados con fines de investigación de sus propiedades adsorbentes.
4. Realizar otros análisis fisicoquímicos diferentes a pH, dureza total y cloro residual presentes en agua potable y verificar su eliminación con carbón activado haciendo uso de diversas técnicas de análisis para cada uno de ellos.
5. Verificar la capacidad de retención de diferentes compuestos presentes en el agua potable como; metales pesados, pesticidas, mediante el uso del carbón obtenido de endocarpos de coco sin ser sometido a ningún proceso de activación para comprobar si en este estado es capaz de disminuir la concentración de dichos compuestos.
6. Someter el carbón a un proceso de purificación para eliminar la ceniza.

7. Utilizar el filtro elaborado de carbón activado obtenido de endocarpo de coco en comunidades con antecedentes de elevada dureza y cloro residual libre en el agua de consumo para aumentar la calidad de la misma.

8. Sustituir el papel filtro por otros insumos como algodón, gasa, etc. A fin de que las personas puedan utilizarlo para la eliminación de dureza total y cloro residual en sus comunidades.

BIBLIOGRAFIA

- 1- American Wáter Works, association wáter pollution control federation/ Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales/ 1992. Pag. 2-57, 2-58, 2-59, 3-3, 3- 95, 4-76.
- 2- F. Spellman, J. Drinan. Manual del Agua Potable, Editorial ACRIBIA, S.A. ZARAGOZA (España) 2004. Pag. 11-12, 12-13, 133-134, 135, 136-137, 153-156.
- 3- H. Strobel Instrumentación Química/ Estudio sistemático del análisis instrumental./ México: Editorial Limusa, 1982. Pag 526-528
- 4- United States Pharmacopeia Convention, Inc The United States Pharmacopeia Thirty Revision USP 30. The National Formulary. Twenty-nine edition. NF 25 USA January 2007.
- 5- Vernon L. Snoeyink, D. Jenkins. Química del agua. Editorial Limusa S.A de C.V. grupo Noriega editores1997. Pag. 13.
- 6- West S, Holler C. Química Analítica. 7° edición, México, Editorial Mc Graw Hill Interamericana. 2001. Pag 397-398
- 7- *Bansal, R., Donnet, J., Stoeckli M., H., Rodríguez-Reinoso, F. Activated Carbon. (Elsevier 2006) Vol. 3, 1766-1827 (2002) (1992). Disponible en:*

<http://infap.unsl.edu.ar/SAASA2009/plenaria3.html> Consultado el 1 de mayo de 2013

8- buenosaber.blogspot.com/2012/05/el-coco-fruta-con-importantes.html Consultado el 13 de mayo de 2013.

9- <http://arturobola.tripod.com/dureza.htm>. Análisis de Dureza Total por Titulación con EDTA. Consultado. el 1 de mayo del 2013.

10- <http://ocw.unican.es/ciencias-de-la-salud/salud-publica-y-atencion-primaria-de-salud/otros-recursos-1/lecturas/bloque-iii/Contaminacion%20del%20agua.pdf> Consultado el 13 de mayo de 2013

11- http://www.activatedcarbon.com.mx/misterio_car_activ.htm. Consultado el 1 de mayo de 2013

12- http://www.analisisdeaguas.com.ar/tanques_pag_laboratorio.html# analisisfisicoquimico. Consultado el 1 de mayo de 2013

13- http://www.analisisdeaguas.com.ar/tanques_pag_laboratorio.html# analisisfisicoquimico. Consultado el 1 de mayo de 2013

14- <http://www.bio-nica.info/biblioteca/LizanoGuiaTecnicaCoco.pdf> Consultado el 13 de mayo de 2013

15- <http://www.carbonactivo.com> Consultado el 13 de mayo de 2013

16- <http://www.clarimex.com/clasif.htm> Consultado el 1 de mayo de 2013

- 17-http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza_agua.pdf Consultado el 1 de mayo de 2013
- 18-http://www.elaguapotable.com/tratamiento_de_olores_y_sabores.htm. Consultado el 16 de abril de 2013
- 19-<http://www.filcarbo.com/carbonActivado.html> Consultado el 13 de mayo de 2013
- 20-<http://www.fs.fed.us/global/iitf/Cocosnucifera.pdf>. consultado el 16 de abril de 2013
- 21-<http://www.fundesyram.info/biblioteca/displayFicha.php?fichaID=3349> Consultado el 1 de mayo de 2013
- 22-<http://www.fundesyram.info/biblioteca/displayFicha.php?fichaID=3350> Consultado el 1 de mayo de 2013
- 23-<http://www.hannainst.es/biblioteca/index.php?pg=0&CodApartado=31&CodApartado2=33&CodTema=57> Consultado el 16 de abril de 2013
- 24-<http://www.oviedo.es/personales/carbon/cactivo/impqcatex.htm>. Consultado el 1 de mayo de 2013
- 25-<http://www.pds.org.pe/productos/filtros-de-carbon-activado/>. Consultado el 1 de mayo de 2013
- 26-http://www.perfchem.com/pages/carbon_chem.htm. Carbón activado. Consultado el 1 de mayo de 2013

27-<http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/683/1/13100810.pdf>.

Consultado el 23 de marzo de 2013

28-<http://www.um.es/gtiweb/adrico/medioambiente/cloro%20residual.htm>

Consultado el 1 de mayo de 2013

29-http://www.upct.es/~minaeees/analisis_aguas.pdf. Consultado el 13 de mayo de 2013

30-<http://zona-quimica.blogspot.com> Consultado el 1 de mayo de 2013

31-*Revista Ambientun. Edición: Febrero 2002. Disponible en*

<http://www.um.es/gtiweb/adrico/medioambiente/cloro%20residual.htm>

Consultado el 21 de mayo de 2013

32-Rodriguez J. Parametros Fisico-quimicos de dureza total de Calcio y Magnesio. Revista Pensamiento actual, Universidad de Costa Rica, vol, 9 no. 12-13 2009. Disponible en:<http://www.latindex.ucr.ac.cr/pnsac-09-2009/pnsac-2009-12-13-11.pdf> . Consultado el 27 de abril de 2013

33-Rodriguez S. Rodriguez R. dureza del agua. Disponible en:
http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza_agua.pdf. Consultado el 1 de mayo de 2013

34-Sanchón M. La contaminación del agua. Disponible en:
<http://ocw.unican.es/ciencias-de-la-salud/salud-publica-y-atencion-primaria-desalud/otrosrecursos1/lecturas/bloqueiii/Contaminacion%20del%20agua.pdf>
f. Consultado el 1 de mayo de 2013

- 35-Usos y Propiedades del Carbón Activado. Disponible en: <http://articulos.aquamillfactory.com/?p=619>. Consultado el 1 de mayo de 2013
- 36-www.activatedcarbon.com.mx/misterio_car_activ.htm Consultado el 1 de mayo de 2013
- 37-www.aguamarket.com/sql/temas_interes/101.asp Consultado el 1 de mayo de 2013
- 38-www.eis.uva.es/qgintro/esteq/tutorial-04.html Consultado el 1 de Mayo de 2013
- 39-www.elaguapotable.com/tratamiento_de_olores_y_sabores.htm Consultado el 1 de mayo de 2013
- 40-www.facsa.com/elagua/calidad/La%20dureza%20del%20agua#.UnnDgfmwyeg Consultado el 21 de mayo de 2013
- 41-www.fs.fed.us/global/iitf/Cocosnucifera.pdf Consultado el 1 de mayo de 2013
- 42-www.pds.org.pe/productos/filtros-de-carbon-activado/ Consultado el 1 de mayo de 2013
- 43-www.slideshare.net/renatolachira/carbn-activado Consultado el 21 de mayo de 2013
- 44-www.sistemamid.com/download.php?a=997 Consultado el 16 de abril de 2013

45-www.umoar.edu.sv/biblio/agricultura/frutales/cocotero.doc. Consultado el 1 de mayo de 2013.

ANEXOS

ANEXO N° 1

Etiquetas para la identificación de muestra de agua potable antes y después de filtrar.

TRABAJO DE GRADUACION PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIATURA EN QUIMICA Y FARMACIA

Determinación de Cloro, Calcio y Magnesio en agua potable.

Muestra N° _____
Volumen de muestra _____
Punto de recolección: _____
Fecha de toma de muestra: _____
Hora: _____

Analistas: Verena Yadira Carrillo
Nancy Elizabeth Sánchez Muñoz

Docentes Directoras:
Msc. Cecilia Gallardo de Velásquez
Licda. María Elsa Romero de Zelaya

Figura N° 17: Etiqueta para la identificación de la muestra de agua potable.

TRABAJO DE GRADUACION PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIATURA EN QUIMICA Y FARMACIA

Determinación de Cloro, Calcio y Magnesio en muestras de agua potable filtrada

Muestra N° _____
Volumen de muestra _____
Punto de recolección: _____
Fecha de toma de muestra: _____
Hora: _____
Tiempo que tardo en atravesar el filtro: _____

Analistas: Verena Yadira Carrillo
Nancy Elizabeth Sánchez Muñoz

Docentes Directoras:
Msc. Cecilia Gallardo de Velásquez
Licda. María Elsa Romero de Zelaya

Figura N° 18: Etiqueta para la identificación de muestra de agua potable una vez filtrada.

ANEXO N° 2

Puntos de recolección de las muestras de agua potable en la planta alta de los Laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.



Figura N° 19: Puntos de recolección de las muestras de agua potable en la planta alta de los Laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

ANEXO N° 3

Puntos de recolección de las muestras de agua potable en la planta baja
de los Laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia de la
Universidad de El Salvador.

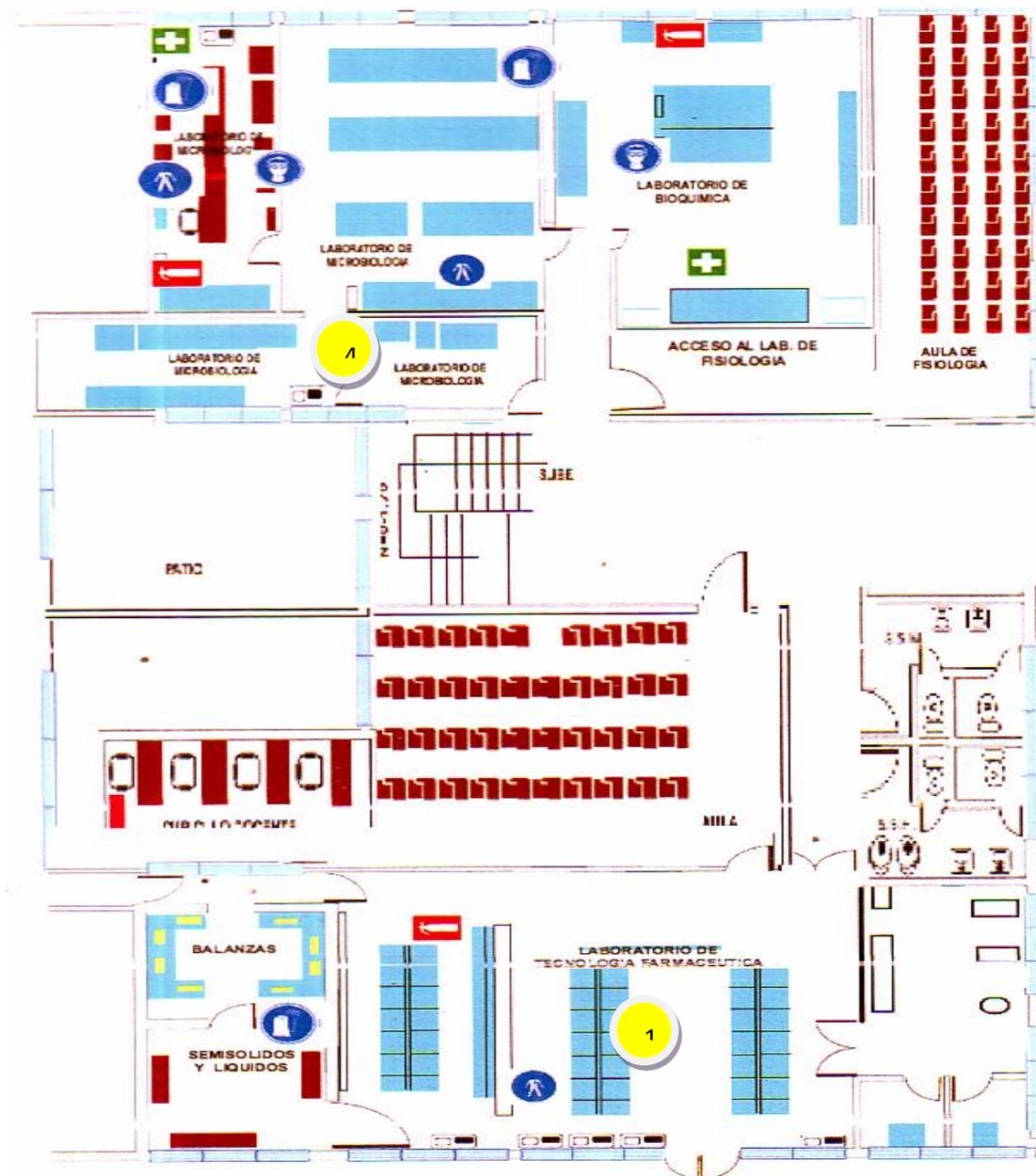


Figura N° 20: Puntos de recolección de las muestras de agua potable en la planta baja de los Laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

ANEXO N° 4

Mapa del punto de recolección de endocarpos de coco.

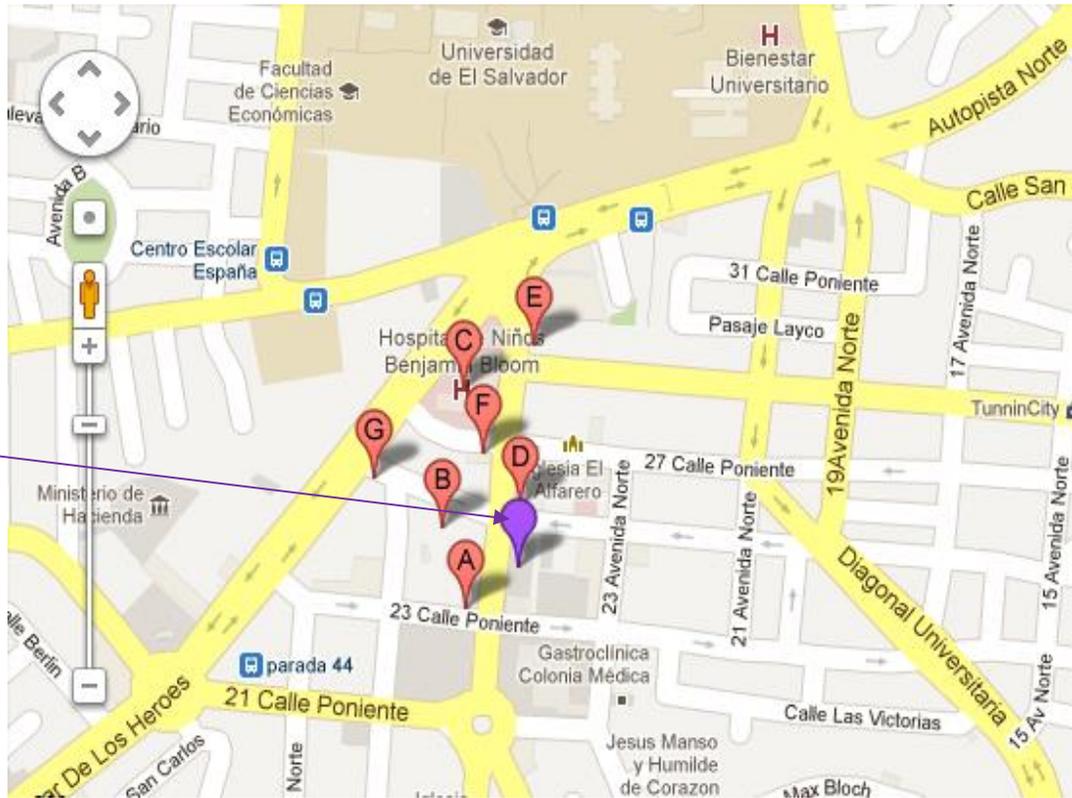


Figura N° 21: Mapa del punto de recolección de endocarpos de coco.

ANEXO N° 5

Envase plástico utilizado en la elaboración del filtro de Carbón Activado.



Figura N° 22: Envase plástico utilizado en la elaboración del filtro de carbón Activado.

ANEXO N° 6

Preparación de reactivos a utilizar en la determinación de dureza del agua.

Preparación de reactivos a utilizar en la determinación de 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.

ANEXO N° 7

Preparación de reactivos a utilizar en la determinación de cloro residual.

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.

ANEXO N° 8

pHmetro utilizado en la determinación del pH.



Figura N° 23: pHmetro utilizado en la determinación del pH.

ANEXO N° 9

Carbonización de los endocarpos de coco.



Figura N° 24: Carbonización de los endocarpos de coco.



Figura N° 25: Carbón obtenido de la carbonización de los endocarpos de coco.

ANEXO N° 10

Envases utilizados en la recolección de muestras de agua potable.



Figura N° 26: Envases utilizados en la recolección de muestras de agua potable.