



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL  
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES “EZEQUIEL ZAMORA”  
VICE-RECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL  
PROGRAMA INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA  
SUBPROGRAMA INGENIERÍA DE PETRÓLEO**

**CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE COCO PARA  
DISMINUCIÓN DE FENOLES EN AGUAS EFLUENTES.**

**Autores: Dairis Paola Araque Rodríguez**

C.I: 25.502.183

**Jesús Manuel García Pérez**

C.I: 25.382.352

**Tutor Académico: María Isabel Fonseca**

Barinas, Febrero de 2019.



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL  
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES “EZEQUIEL ZAMORA”  
VICE-RECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL  
PROGRAMA INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA  
SUBPROGRAMA INGENIERÍA DE PETRÓLEO**

**CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE COCO PARA  
DISMINUCIÓN DE FENOLES EN AGUAS EFLUENTES.**

Trabajo Especial de Grado presentado como requisito parcial para optar por  
el título de: Ingeniero de Petróleo.

**Autores: Dairis Paola Araque Rodríguez**

**C.I: 25.502.183**

**Jesús Manuel García Pérez**

**C.I: 25.382.352**

**Tutor Académico: Maria Isabel Fonseca**

Barinas, Febrero de 2019.



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL  
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES “EZEQUIEL ZAMORA”  
VICE-RECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL  
PROGRAMA INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA  
SUBPROGRAMA INGENIERÍA DE PETRÓLEO**

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi carácter de Tutor (a) del Trabajo de Especial de Grado presentado por los ciudadanos **Jesús Manuel García Pérez C.I. 25.382.352** y **Dairis Paola Araque Rodríguez C.I. 25.502.18**, para optar al título de **Ingeniero de Petróleo**, considero que este reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Barinas a los \_\_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ de

\_\_\_\_\_

---

Tutor (a): María Isabel Fonseca

C.I.:

**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL  
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES “EZEQUIEL ZAMORA”  
VICE-RECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL  
PROGRAMA INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA  
SUBPROGRAMA INGENIERÍA DE PETRÓLEO**

**CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE COCO PARA  
DISMINUCIÓN DE FENOLES EN AGUAS EFLUENTES.**

POR AUTOR (ES): Dairis Paola Araque Rodríguez

C.I: 25.502.183

Jesús Manuel García Pérez

C.I: 25.382.352

Trabajo Especial de Grado aprobado en nombre de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” por el siguiente jurado, a los \_\_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
JURADO C.I.

\_\_\_\_\_  
JURADO C.I.

\_\_\_\_\_  
TUTOR María Isabel Fonseca

C.I:

## AGRADECIMIENTOS

*A **DIOS** primeramente por darme la vida, salud, fuerza, por ser mi ayudador y proveedor en todo momento, por regalarme a mi familia.*

*A **mi hija Annie**, por estar allí en todo momento, siendo el motivo y la fuerza que me impulsa a continuar cada día, **TE AMO HIJA**.*

*A **mis padres Olivo y Carmen**, por darme la vida, la educación, por alentarme cuando lo necesité, por el apoyo económico, pero sobre todo moral, gracias ustedes he logrado todo en la vida, **LOS AMO**.*

*A **mi esposo Jesús García**, mi Manuel, por su amor, amistad, comprensión; no hay palabras para describir lo agradecida que estoy con Dios y contigo, por cada palabra y cada gesto que ha logrado que hoy este logrando esta meta, has estado conmigo, apoyándome en todo momento a lo largo de la carrera que solo me queda decirte ¡**GRACIAS GORDO TE AMO!***

*A **mis hermanos Darkis, Dexcy, Darwin y Williams**, Gracias por estar ahí en todo momento, gracias por el apoyo, Los amo. “Chicha y nena gracias por todo, las amo”*

*A **mis grandes amigos Yenifer y Efraín**, gracias por estar ahí, gracias por escucharme, también por sus consejos y su apoyo moral, gracias por su amistad. Los amo.*

*A **la Sra Laura Pérez** por su cariño, comprensión y apoyo en todo momento, **sra Nancy** por todo su cariño y preocupación y al **Sr Luis García** por todo su apoyo brindado cuando lo necesité, por los buenos y malos momentos.*

*A **mi tía Janeth y su familia** por todo su apoyo, preocupación y cariño.*

*A **mis hermosas amistades: Jorgelis, Ismarys, Moisés, Annys y María**, Gracias por su amistad, por los buenos y malos momentos, por cada risa, por esos momentos de alegría. Los quiero.*

*A **la Ingeniera María Isabel Fonseca** por creer en nosotros, por asumir junto a nosotros este proyecto, por guiarnos y formarnos, y sobre todo por su paciencia y tolerancia. ¡Gracias prof!*

**Dairis Paola Araque.**

*A **Dios** por darme las fuerzas para seguir adelante y permitirme cumplir mis metas, por ser mi amigo incondicional cuando más necesite de alguien, por permitirme estar junto a mi familia, por cada día que me ha regalado de vida.*

*A **mis padres Laura Pérez y Luis García**, por darme la vida y enseñarme ese amor bonito que solo te dan los padres, gracias a mi madre por ser mi amiga incondicional mi confidente en todo momento por regalarme su amor, su atención, gracias a mi padre por todo su amor su apoyo, por estar en esos momentos duros, por enseñarme tantas lecciones duras de la vida que hoy me han llevado a ser un buen hombre, gracias por ayudarme a llevar acabo mis metas. Los Amo mucho.*

*A **mi esposa Dairis Araque**, por su apoyo incondicional, por su amor, por su cariño, por darme a la mejor hija del mundo Annie Angeli, gracias por ser mi compañía en todo momento desde que nos conocimos, gracias por estar junto a mí en esta etapa de nuestras vidas tan importante, por estar en los momentos más duros, Te Amo.*

*A **mis abuelos, tíos, y primos**, por su enorme amor, gracias por esos momentos hermosos que me regalaron y por su compañía.*

*A **la Sra. Carmen R. al Sr Olivo**, gracias por su apoyo, por brindarme ayuda en los momentos duros, y gracias por traer al mundo a la mujer que ahora es mi esposa, gracias por formar a una gran mujer con tan buenos principios, gracias a toda la familia Araque Rodríguez.*

*A **mis amistades, Yenifer Gil, Efraín R, Annys V, Ismarys G, María F**, gracias por su apoyo durante este camino, gracias por los buenos y malos momentos, por las risas, los enojos, gracias por todo, y, por último, pero no menos importantes gracias a **Moisés Graterol y Leonardo Espinosa** más que unos amigos unos hermanos, los quiero mucho.*

*A **la Ingeniera María Isabel Fonseca** por ayudarnos en tantas etapas de nuestra carrera, gracias por su paciencia, su dedicación, gracias por enseñarnos tanto como pudo*

**Jesús Manuel García.**

*A nuestra casa de estudios **UNELLEZ** por abrirnos sus puertas durante estos años y formarnos como Ing. De Petróleo.*

*A los profesores **Gericksson D, Sharon E, Jean J, Renier A, Jorge T, Edelys C, Deivis G y Jesús O**, por su formación ejemplar y su guía durante este proceso.*

**Jesús y Dairis.**

## DEDICATORIA

*A **DIOS**, porque sin él nada fuese posible, a **nuestra hija**, a **nuestros padres** por su apoyo comprensión y sobre todo por creer en nosotros, a nuestros **hermanos, amigos** y a nuestra profesora la ingeniera **María Isabel Fonseca**, por ser nuestra guía además de su constante dedicación.*

***Jesús y Dairis.***

## ÍNDICE GENERAL

	pp.
LISTA DE TABLAS .....	X
LISTA DE FIGURAS .....	XI
LISTA DE GRÁFICOS .....	XII
RESUMEN.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL Problema.....	3
Planteamiento del Problema.....	3
Objetivos de la Investigación.....	5
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos.....	5
Justificación de la Investigación.....	6
Alcances y Limitaciones.....	7
Alcances.....	7
Limitaciones.....	8
CAPÍTULO II: Marco Contextual.....	9
Área de la Investigación.....	9
Antecedentes del Estudio.....	9
Marco Teórico.....	11
Aguas producidas.....	11
Proceso para el Tratamiento de Efluentes.....	11
• Deshidratación.....	11
• Flotación.....	12
• Enfriamiento.....	12
Equipos Usados en el Tratamiento de Aguas Efluentes.....	12
• Tanques.....	12
• Separadores API.....	13
• Torre de Enfriamiento.....	14
• Lagunas de Estabilización.....	15
Problema Ambiental de los Efluentes.....	15
Carbón Activado.....	16
Tipos de Carbón Activado.....	17
Características Físicas y Químicas del Carbón Activado.....	18
Materias Primas Usadas en la Obtención de Carbón Activado.....	19



• Bagazo de Caña de Azúcar.....	19
• Cáscara de Coco.....	19
• Coque de Petróleo.....	20
• Madera.....	21
Usos del Carbón Activado.....	22
Uso del carbón activado granular en la purificación de agua.....	22
Uso del carbón activado en polvo (PAC).....	23
Uso del carbón activado por áreas específicas.....	23
Proceso General para la Producción de Carbón Activado.....	24
Activación del material Carbonáceo de la Cáscara de Coco.....	25
Sistema de Variables.....	29
Mapa de Variables.....	29
Normativa y Aspectos Legales.....	31
CAPÍTULO III: Marco Metodológico .....	38
Tipo de Investigación.....	38
Metodología.....	39
Población y muestra.....	40
Población.....	40
Muestra.....	40
Técnicas, Instrumentos y Materiales aplicados en la recolección de datos.....	41
Diseño experimental.....	41
Fases del experimento.....	42
CAPÍTULO IV: Análisis de los Resultados.....	51
Aplicar activación química a carbón obtenido de la cáscara de coco para el aumento de su porosidad. ....	51
Determinar la efectividad del carbón activado a partir de la cáscara de coco para disminución de fenoles en aguas efluentes.....	53
Proponer la implementación del carbón activado a partir de la cáscara de coco para el tratamiento de aguas efluentes.....	60
CAPÍTULO V: Conclusión y Recomendaciones.....	67
Conclusión.....	67
Recomendaciones.....	68
Referencias Bibliográficas.....	70
Anexos.....	72

## LISTA DE TABLAS

	<b>pp.</b>
1. Mapa de Variables.....	29
2. Tabla para almacenar resultados obtenidos del espectrofotómetro DR 5000.....	49
3. Resultados obtenidos en el laboratorio mediante la lectura en espectrofotómetro DR 5000. ....	56

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>Pp</b>
1. Partes de un tanque.....	13
2. Separador API.....	14
3. Separador API rectangular.....	14
4. Torre de enfriamiento.....	15
5. Laguna de enfriamiento Estación Sinco D, Barinas.....	15
6. Tamaños de los poros de un carbón activo.....	17
7. Vista microscópica del carbón activo obtenido de bagazo de caña de azúcar.....	19
8. Carbón obtenido de cáscara de coco.....	20
9. Carbón obtenido a partir del coque de petróleo.....	21
10. Carbón activado obtenido a partir de la madera.....	22
11. Cáscara interior del coco (endocarpio).....	43
12. Proceso de Carbonización de la cáscara de coco.....	43
13. 100gr Cloruro de calcio y 300ml de agua destilada.....	44
14. Lavado del carbón activado a partir de la cáscara de coco con agua destilada.....	44
15. Muestras de carbón activado a partir de la cáscara de coco (10gr, 20gr y 30gr) .....	45
16. Cilindros graduados y vaso de precipitado.....	46
17. Blanco en reposo para lograr la separación de las capas.....	48
18. Toma de la muestra del Blanco en celda de 25ml.....	48
19. Muestras obtenidas: Blanco, muestra de agua efluente sin tratar y las ya tratadas con 10, 20 y 30 gramos de carbón activado.....	49
20. Carbón obtenido de la cáscara de coco sin activar.....	51
21. Carbón obtenido de la cáscara de coco sin activar.....	52
22. Carbón activado obtenido de la cáscara de coco.....	52
23. Carbón activado obtenido de la cáscara de coco.....	53
24. Vertido de agua efluente es muestras con carbón activado.....	54

25. Embudos de separación de 500ml.....	54
26. Toma de muestra del blanco en celda de 25ml.....	55
27. Muestra llevada al espectrofotómetro DR500.....	56
28. Laguna de enfriamiento estación Sinco D.....	61
29. Partícula de carbón de aproximadamente 1,4cm de longitud.....	66

## LISTA DE GRAFICOS

1. Concentración de fenol vs masa de carbón.....	<b>pp.</b> 62
2. Comportamiento de la disminución de fenoles con carbón activado.....	63

# **CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE COCO PARA DISMINUCIÓN DE FENOLES EN AGUAS EFLUENTES.**

**AUTOR:** Dairis Paola Araque Rodríguez

Jesús Manuel García Pérez

**TUTOR (Académico):** Maria Isabel Fonseca  
Mayo, de 2018

## **Resumen**

Los altos volúmenes de aguas producidas en el estado Barinas traen consigo ciertas necesidades, como lo es su tratamiento y disposición, ya que estas aguas vienen acompañadas de contaminantes descritos por el departamento de ambiente de PDVSA como hidrocarburos, fenoles, cloruros, sólidos en suspensión y disueltos, entre otros, por lo que se necesitan métodos que permitan tratarlas para finalmente reutilizarla de forma segura para el ambiente así como para los seres vivos, es por esto que el presente estudio tiene como objetivo determinar la efectividad del carbón activado a partir de la cascara de coco para disminución de fenoles en aguas efluentes, como método amigable con el ambiente, además promoviendo la utilización de materia prima del país. El estudio está basado en una investigación cuantitativa permitiendo la comparación entre los resultados (numéricos) del agua efluente antes y después de ser tratada con carbón activado a partir de la cascara de coco, en los procedimientos experimentales desarrollados a lo largo de la investigación se realizaron procesos en los que se trataron tres muestras de agua efluente (300ml cada una) con carbón activado de 10, 20 y 30 gramos, para determinar la disminución de fenoles por medio del mismo, obteniendo resultados positivos para el estudio, observándose un patrón de disminución de 0.04ppm por cada 10 gramos de carbón que se incrementaba.

**Descriptorios o palabras claves:** Carbón activado, Agua efluente, Tratamiento, Fenol.

**Correo de autores:** [paola.araquerod@gmail.com](mailto:paola.araquerod@gmail.com) , JesusGP.0612@gmail.com

## INTRODUCCIÓN

El tratamiento de aguas efluentes consiste en una serie de procesos físicos, químicos y/o biológicos que se le suministran al agua con fin de eliminar o disminuir contaminantes presentes en ella. Según Laya y Mejías (2018) “La cuenca Barinas-Apure tiene una producción actual de 1,436 millones de barriles diarios (mbd), teniendo presente que el 98% de la producción es de agua” evidentemente la producción de agua es alta, razón por lo que se requiere de alternativas innovadoras que permitan tratar los contaminantes presentes en ella. El agua efluente tiene efectos perjudiciales en los ecosistemas marinos y terrestres debido al gran contenido de impurezas (sólidos en suspensión, hidrocarburos, metales en suspensión, minerales disueltos, fenoles, entre otros).

Las aguas producidas representan los principales residuos derivados del petróleo, según el Diario de Materiales Peligrosos (2009) describe que: “Contienen compuestos tóxicos de origen natural, como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), incluidos también el benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX), metales pesados y, en ocasiones, materiales radiactivos naturales, y también pueden contener sustancias químicas provenientes de fluidos de perforación y sustancias químicas de tratamiento”.

A medida que la producción de agua aumenta se hace imprescindible nuevas alternativas de tratamiento, aunque estos no sean lo suficiente para eliminar por completo el problema. El tratamiento a seguir dependerá en gran parte de las características de su origen así como la disposición final elegida; el objetivo más importante de cada método de tratamiento es la eliminación de impurezas tanto como sea posible y no sólo enfocarse específicamente en el aceite; el tratamiento mediante carbón activado a partir de la cáscara de coco no es más que una alternativa que contribuye a solventar la

problemática existente gracias a que el carbón activado es un adsorbente muy versátil debido al tamaño y la distribución de sus poros en la estructura carbonosa que pueden ser controlados para satisfacer las necesidades de tecnología actual y futura.

Para determinar la efectividad del carbón activado se deben realizar procesos en laboratorio entre lo cual incluye la activación del carbón obtenido de la cáscara de coco y la determinación de la concentración de fenoles en muestras de aguas efluentes antes y después de ser tratada con el mismo, de esta manera se podrá conocer si es un mecanismo que pueda ser implementado en la industria petrolera para el tratamiento de aguas efluentes.

# CAPITULO I

---

## EL PROBLEMA

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente las operaciones de producción crean grandes cantidades de agua definida por Avellaneda (1960) como el fluido que acompaña al hidrocarburo durante el proceso de explotación, ésta es conocida como agua producida o agua que produce el pozo, una vez llegada a superficie son llevadas a las estaciones de flujo donde se hacen pasar por ciertos procesos para ser separada del crudo y en ocasiones del gas, de modo que se pueda aprovechar al máximo lo producido por el pozo y convirtiendo el agua producida en agua efluente.

Una vez cumplido el proceso de separación está listo para ser depurada eliminando tanto como sea posible el contenido de impurezas, ya que estas generalmente según el Departamento de Ecología y Ambiente PDVSA (2004) contienen materia físico-química tal como “crudo, fenoles, sólidos disueltos, cloruros, materia conductiva, entre otros”, y que durante el proceso de separación no es posible eliminar totalmente los residuos de aceite. La remoción de muchas de las propiedades mencionadas se ha convertido en un menester en la industria petrolera, ya que la producción de grandes volúmenes de agua trae consigo ciertas necesidades como “...su disposición y tratamiento y pulimento de las aguas de producción para su reúso potencial en riego y/o ganadería” (Departamento de ecología y ambiente PDVSA 2004).



Para solventar estas necesidades es indispensable implementar nuevos mecanismos que generen los menores gastos posibles, para así eliminar o disminuir ciertos contenidos tales como fenol antes de darle otro uso, debido a que el fenol es un alcohol monohidroxílico derivado del benceno que ocasiona graves riesgos en los seres vivos, principalmente en humanos, si es colocado en contacto con la piel produce irritación o quemaduras (Organización Mundial de la Salud, 2003), además de causar daños a los pulmones, riñones y corazón; es por esto que se implementará el carbón activado a partir de la cáscara de coco para probar si se puede eliminar o disminuir este riesgo.

En efecto la actividad petrolera ha traído consigo grandes consecuencias para el ambiente, según el Instituto Argentino del Petróleo (1991) específica en referencia a las consecuencias sobre las aguas superficiales que: “el vertido de petróleo u otros desechos produce disminución del contenido de oxígeno, aporte de sólidos y de sustancias orgánicas e inorgánicas; en el caso de las aguas subterráneas, el mayor deterioro se manifiesta en un aumento de la salinidad, por contaminación de las napas con el agua de producción de petróleo de alto contenido salino”

Según el decreto N° 883 sobre “Normas para la clasificación y el control de calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos” para ser descargada al ambiente, el agua de producción proveniente de las estaciones de flujo, debe pasar por un previo tratamiento que elimine o en su defecto disminuya de esas corrientes, cualquier impureza o sustancia contaminante que pueda poner en riesgo el ambiente, mencionado en su capítulo III sección III los límites máximos de calidad de vertidos líquidos que sean o vayan a ser descargados, en forma directa o indirecta, a ríos, estuarios, lagos y embalses siendo para el fenol 0,5 mg/l.

De ser efectiva la disminución de fenoles mediante el carbón activado a partir de la cáscara de coco se podrá de cierta manera contribuir a la solución de la problemática, impulsando a que nuevos investigadores realicen diversos estudios reutilizando materias orgánicas que en un futuro ayuden a eliminar por completo el problema. Para la ejecución de todo lo antes mencionado sin duda surgen diversas interrogantes:

¿Es posible activar completamente el carbón obtenido de la cáscara de coco?

¿Cuál será la capacidad del carbón activado obtenido de la cáscara de coco para disminuir el contenido de fenoles en muestras de agua efluente?

¿Bajo qué condiciones de uso podrá emplearse el carbón activado a partir de la cáscara de coco para el tratamiento de aguas efluentes?

## **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **OBJETIVO GENERAL**

Plantear el carbón activado a partir de la cáscara de coco como alternativa para la disminución de fenoles en aguas efluentes.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Aplicar activación química a carbón obtenido de la cáscara de coco para aumentar su porosidad.
- Determinar la efectividad del carbón activado a partir de la cáscara de coco para disminución de fenoles en aguas efluentes.

- Proponer la implementación del carbón activado a partir de la cáscara de coco para el tratamiento de aguas efluentes.

## **JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación surge como una iniciativa a fin de solventar necesidades actuales de la industria petrolera, donde se requiere la implementación de mecanismos que permitan la disminución de impurezas presentes en aguas efluentes, de manera tal que se pueda dar uso a los grandes volúmenes de agua que actualmente se producen, según Baile, Crabtree & Tyrie (2000) “las compañías petroleras producen un promedio de tres barriles de agua por cada barril de petróleo que se extraen de los yacimientos agotados” razones por las cuales es necesario que estos grandes volúmenes sean tratados ya que generalmente vienen acompañados con cierto porcentaje de materia siendo las más comunes hidrocarburos, fenoles y cloruros, los cuales antes de ser arrojados al ambiente deben cumplir con ciertos estándares impuestos en el decreto N° 883 sobre "Normas para la clasificación y el control de calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos".

Según Silva J. (2005) “El agua con cierto porcentaje de petróleo y concentraciones de sales minerales y otros elementos perjudiciales al medio ambiente origina inconvenientes ya que no pueden verterse al ambiente sin cumplir con los estándares exigidos por el Ministerio de Ambiente, al igual que resulta perjudicial su empleo en equipos y plantas no diseñados para el manejo de un fluido con las características mencionadas, pudiendo originar corrosión, deposición de sólidos entre otros problemas.” Por lo que se resalta la importancia de remover las impurezas presentes en tan menciona agua.

El carbón activado a partir de la cáscara de coco no es más que una iniciativa que tratará de disminuir uno de los agentes contaminantes tal como el fenol, gracias a sus propiedades de absorción permite que los sólidos más grandes al tamaño de sus poros sean atrapados en los mismos (con mesoporos > 2 nm), además de que pudiera lograr que los fenoles también sean atrapados o adsorbidos por el mismo ya que según Donaciano, González, Gordon & Martín (2007) “las propiedades adsorbentes de un carbón activado no solo están definidas por su estructura porosa, sino también por su naturaleza química”. También es importante resaltar que la cáscara de coco es una materia prima abundante en el país (sobre todo en las costas de falcón) contribuyendo con la reutilización de la biomasa, siendo rentable y abundante en cualquier parte del mundo.

En una entrevista realizada a Rangel L, (2018), Líder Supervisor de la Unidad de Manejo y Procesamiento de Fluido, resaltaba que los principales parámetros a controlar en las estaciones de flujo eran: temperatura, porcentaje de cloruro, fenoles y h2s. por lo que la disminución de fenoles en aguas efluentes lograría controlar uno de esos parámetros y de esta manera reducir o evitar el riesgo que este ocasiona en los organismos vivos.

## **ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **ALCANCES**

- El presente trabajo de investigación buscar probar si el carbón activado a partir de la cáscara de coco puede disminuir fenoles en aguas efluentes, de manera de reducir el riesgo que éste podría ocasionar en seres vivos y en el ambiente.

## **LIMITACIONES**

- Accesibilidad a muestras de aguas efluentes.
- Reactivos requeridos para determinar la concentración de fenoles en aguas efluentes

## CAPITULO II

---

### MARCO CONTEXTUAL

#### ÁREA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación se desarrolla en el laboratorio de análisis de agua de las instalaciones de la UNELLEZ del municipio Barinas estado Barinas, Venezuela. Bajo la línea de investigación Ambiente y el motor productivo: Hidrocarburos.

#### ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

**Gamboa G y Sun M. (2009) “Adsorción de fenol con carbones activados preparados a partir de pepas de níspero de palo por activación química”**

En este trabajo, se prepararon carbones activados (CAs) a partir de pepas de níspero de palo, por activación química con ácido fosfórico e hidróxido de potasio. Se evaluó la influencia de la razón de impregnación (agente activante/ precursor, p/p), y de la temperatura de activación, en la capacidad de adsorción de fenol. A partir de una solución de 100 ppm de fenol, se logró adsorber 93,3 y 61,6% con los CAs con hidróxido de potasio (NK1-700) y con ácido fosfórico (NF0,67-500), respectivamente, mientras que de una solución de 500 ppm de fenol los CAs con hidróxido de potasio (NK1-700) y con ácido fosfórico (NF0,94-500) removieron hasta 163,7 y 102,3 mg de fenol/g de CA. Este trabajo es de gran aporte al presente trabajo de investigación debido a que los autores probaron que la utilización de carbones activados para adsorción de fenoles puede ser efectiva por lo que se demostrará si dicho efecto de adsorción también es evidente en carbones activados a partir de la cáscara de coco.

**Luna D, González A, Gordon M y Martín N (2007) “Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco”**, presenta una breve descripción sobre el carbón activado, además de una propuesta del diseño teórico de una unidad piloto; además destacan que el carbón activado es un material que tiene un alto valor agregado, a partir de la cáscara del coco, materia prima nacional, de menor valor y que es abundante. El proyecto propone un nuevo tipo de agroindustria que utilice a una materia prima (cáscara de coco) considerada basura, transformándola en una industria sustentable de un material con mayor valor agregado (carbón activado), que genere, ingresos económicos a las personas que viven del coco y nuevos empleos. Este trabajo es un gran aporte para presente trabajo de investigación ya que se señala el proceso de activación de carbón activado además de señalar ciertas características en el carbón activado que se tomarán en cuenta a lo largo de la investigación.

**García V. y Muchacho R. (2011) “Diseño preliminar de una planta para la obtención de carbón activado”** Consideraron diversos factores, tanto técnicos como económicos, para proponer la factibilidad de una planta de carbón activado de modo que se pudiese implementar y promover el aprovechamiento de la materia prima vegetal a nivel nacional (Venezuela). Se seleccionó como materia prima la concha de coco por su disponibilidad en el oriente del país, además de que su método de activación es el que ofrecía mejores ventajas económicas y es uno de los más eficientes. En general, con este proyecto pretendieron dar el primer paso para incrementar el valor agregado a los rubros de origen vegetal seleccionados, generar fuentes de empleo directo e indirecto y sustituir la importación de carbón activado en Venezuela. Esta información recopilada por las autoras es de gran aporte a este trabajo de investigación ya que la materia prima seleccionada en la creación de carbón activado es utilizada para el tratamiento de las aguas efluentes por lo que conocer más acerca de la activación y la eficacia del

mismo contribuye a fortalecer el trabajo de investigación.

## **MARCO TEÓRICO**

### **1- AGUAS PRODUCIDAS:**

El agua producida es aquella agua que se produce junto con el petróleo y el gas. Schlumberger, (2018), la define como término utilizado para describir el agua producida por un pozo que no es un fluido de tratamiento. Las características del agua producida varían y el uso del término, a menudo, implica una composición inexacta o desconocida. Es algo generalmente aceptado que el agua presente dentro de los poros de los yacimientos de lutita no se produce debido a su permeabilidad relativa baja y a que su movilidad sea más baja que la del gas.

Los yacimientos de petróleo y gas tienen capas con agua natural (agua formada) que yace debajo de los hidrocarburos. Mientras el campo petrolero madura, el volumen de agua de formación que una instalación debe procesar, incluso excede al de hidrocarburos. El agua entonces, tiende a convertirse en el fluido producido en mayor cantidad.

### **2- PROCESOS PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES**

#### **2.1- Deshidratación:**

La deshidratación de crudos es el proceso mediante el cual se separa el agua asociada con el crudo, ya sea en forma emulsionada o libre, hasta lograr reducir su contenido a un porcentaje, generalmente igual o inferior al 1 % de agua. Una parte del agua producida por el pozo petrolero, llamada agua libre, se separa fácilmente del crudo por acción de la gravedad, tan pronto como la velocidad de los fluidos es suficientemente baja. La otra parte



del agua está íntimamente combinada con el crudo en forma de una emulsión de gotas de agua dispersadas en el aceite, la cual se llama emulsión agua/aceite (W/O).

## **2.2- Flotación**

Aguamarket, (2002), lo define como un método de tratamiento en el que predominan los fenómenos físicos, que se emplea para la separación de partículas de una fase líquida. En este método predominan los fenómenos físicos, para poder emplear la separación de partículas de una fase líquida, es decir la separación de materias de distinto origen. Es una técnica que se utiliza como tratamiento de separación de tres fases en este caso la aplicación del proceso de flotación se genera en las tanquillas API, para separar las gotas de crudo que se encuentran en el agua.

## **2.3- Enfriamiento**

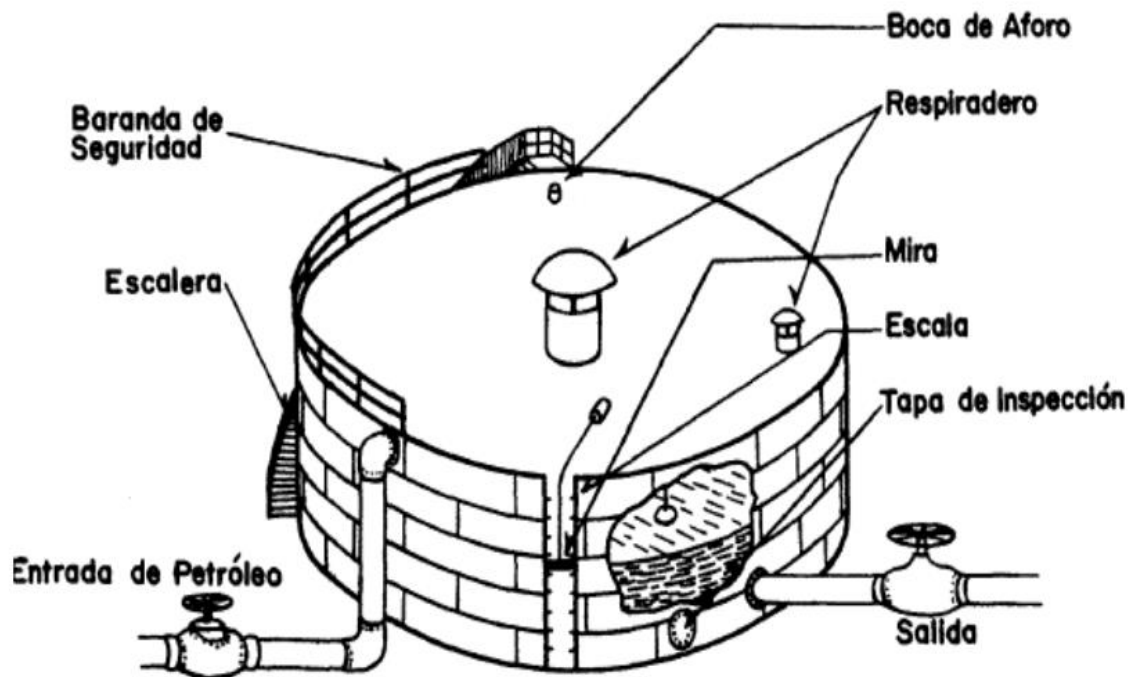
El proceso de enfriamiento desarrolla la transferencia de calor de un fluido a otro, siendo el fluido que pierde calor o que se enfría el fluido con temperatura independiente, mientras que el fluido que recibe el calor se llama medio enfriante, generalmente este tipo de proceso se da en torres de enfriamiento.

## **3- EQUIPOS USADOS EN EL PROCESO DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES**

**3.1- Tanques:** Depósito diseñado para almacenar o procesar fluidos, generalmente a presión atmosférica o presión internas relativamente bajas. Los tanques cilíndricos para el almacenamiento de líquidos a temperatura próxima a la presión atmosférica están normalizados según normas API y están fabricados en acero. Según CEPET (2010) hace mención a que “Diariamente en las estaciones de flujo es recibido el crudo producido por los

pozos asociados a estas estaciones, este crudo es recolectado en tanques después de haber sido separado del gas y luego en forma inmediata es transferido a los patios de tanques para su tratamiento o despacho siendo utilizados en algunas empresas como tanques de recolección para medición”. En el inicio de tratamiento para efluentes su función es el proceso de deshidratación de crudo, separando el agua del crudo.

**Figura N° 1.** Partes de un tanque.

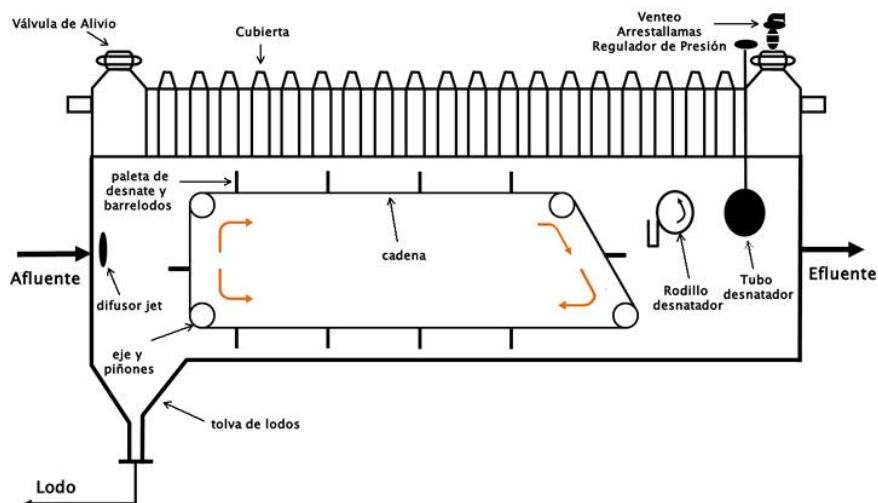


**Fuente:** CEPET PDVSA, (2010).

### 3.2- Separadores API

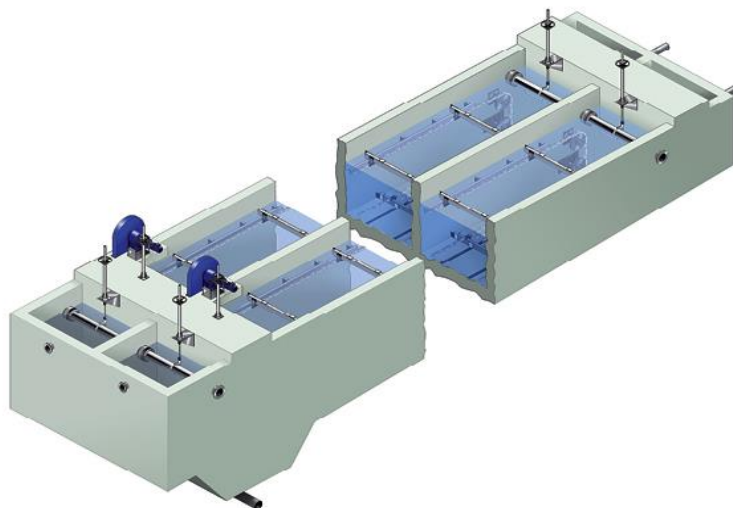
Equipo diseñado para separar grandes cantidades de crudo y sólidos suspendidos provenientes de aguas residuales efluentes. SERTEAGUA, (2013), los separadores API es un separador del aceite de agua que es diseñado por el Instituto Americano del Petróleo (API), y es usado extensivamente en refinerías y muchas otras plantas industriales.

**Figura N° 2. Separador API**



**Fuente:** Wikimedia, (2018).

**Figura N° 3. Separador API Rectangular.**



**Fuente:** Tecniplat, (2018).

### 3.3- Torre de enfriamiento

Es una estructura que está diseñada para quitar la cantidad de calor a una corriente de agua utilizando el proceso de evaporación o conducción.

**Figura N° 4.** Torre de enfriamiento.



**Fuente:** González I. (2017).

### **3.4- Laguna de estabilización**

Es una forma de piscina, una laguna que está dispuesta para mejorar la temperatura o las condiciones del efluente, tienen un periodo de retención al igual que todos los equipos que se encuentran formando la estación de flujo.

**Figura N° 5.** Laguna de enfriamiento Estación Sinco D, Barinas.



**Fuente:** Rivas E. (2017).

## **4- PROBLEMA AMBIENTAL DE LOS EFLUENTES**

Los efluentes contienen cantidades de variables de gases disueltos y sales, puede tener también sólidos en suspensión con trazas de metales

pesados y hasta radiación. Generalmente las salmueras de yacimientos petrolíferos no son aptas para el consumo humano. Las aguas de formación o aguas producidas al ser evacuadas al medio ambiente sin ser tratadas contaminan suelos y otras fuentes de agua como mares, ríos, lagos, entre otros.

## **5- CARBÓN ACTIVADO**

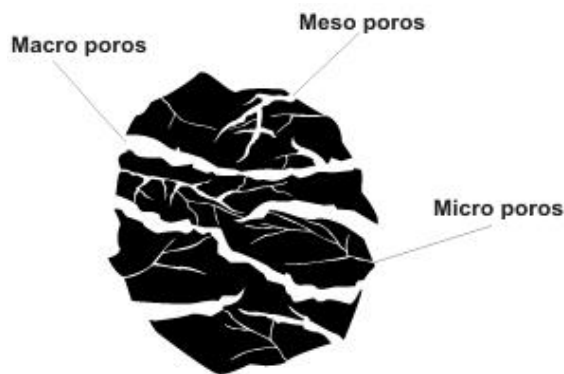
Según García y Machado: El carbón activado es un producto que posee una estructura cristalina reticular similar a la del grafito; es extremadamente poroso y puede llegar a desarrollar áreas superficiales del orden de 1.500 metros cuadrados, por gramo de carbón. El nombre de carbón activado se aplica 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. Es un producto obtenido a partir del carbón amorfo, el cual se ha sometido a un tratamiento de activación con el fin de incrementar su área superficial hasta 300 veces debido a la formación de poros internos, pudiendo alcanzarse áreas de 1200 -1500 /g de carbón.

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. Es importante mencionar que el área superficial del carbón activado es interna. La capacidad adsorbente del carbón activado es tal, que un gramo puede adsorber aproximadamente otro gramo de gases y líquido. Químicamente está compuesto por carbono, oxígeno, hidrógeno y cenizas.

El carbón activado puede adsorber:

- Contaminantes orgánicos: colores, olores y sabores desagradables, volátiles, insecticidas, pesticidas, plaguicidas, herbicidas, detergentes, derivados del petróleo, compuestos con trihalometanos, compuestos fenólicos.
- Sustancias activas al azul de metileno.
- Sustancias halogenadas (I, Cl, Br, H, F).
- Ozono residual
- Sólidos pesados (plomo, mercurio)
- Gases
- Turbiedad.
- Materia disuelta.

**Figura N° 6.** Tamaños de los poros de un carbón activo.



**Fuente:** Carbotecnia (2014).

## 6- TIPOS DE CARBÓN ACTIVADO

Dependiendo si es sometido a un proceso de granulación o pulverización, el carbón activado se puede presentar como:

- Carbón activado en polvo o PAC (Powdered Activates Carbon), el cual se usa en la elaboración de medicamentos antidiarreicos y adsorbente intestinal.
- Carbón activado granular o GAC (Granular Activated Carbón), con granos

de hasta 2 mm, se usa en los filtros de columna para el tratamiento de agua.

## **7. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL CARBÓN ACTIVADO (SEGÚN GARCÍA Y MACHADO 2010)**

- Características químicas: Desde el punto de vista de la composición química, el carbón activo es carbón prácticamente puro, al igual que el diamante, el grafito, el negro de humo y los diversos carbones minerales o de leña. Todos ellos poseen la propiedad de adsorber, que consiste en un fenómeno fisicoquímico en el que un sólido llamado adsorbente atrapa en sus paredes a cierto tipo de moléculas, llamadas adsorbatos y que están contenidas en un líquido o gas. Según Manual del carbón activado (2003) a composición química del carbón activo es aproximadamente un 75-80% en carbono, 5–10% en cenizas, 6% en oxígeno y 0,5% en hidrógeno.

- Características físicas: El carbón activo posee una estructura microcristalina que recuerda en cierta medida a la del grafito. Esta estructura que presenta el carbón activo da lugar normalmente a una distribución de tamaño de poro bien determinada. Así, se pueden distinguir tres tipos de poros según su radio( $r$ ): macroporos ( $r > 25$  nm), mesoporos ( $25 > r > 1$  nm) y microporos ( $r < 1$  nm).

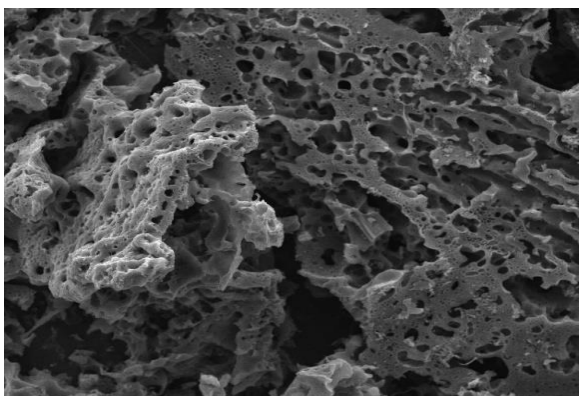
El carbón activo tiene una gran variedad de tamaños de poros, estos se clasifican de acuerdo a su función, en poros de adsorción y poros de transporte. Los primeros consisten en espacios entre placas graníticas con una separación de entre una y cinco veces el diámetro de la molécula que va a retenerse. En éstos, ambas placas de carbón están lo suficientemente cerca como para ejercer atracción sobre el adsorbato y retenerlo con mayor fuerza. Los poros mayores que los de adsorción son de transporte, y tienen un rango muy amplio de tamaño, que van hasta el de las grietas que están en el límite detectable por la vista, y que corresponde a 0.1 milímetros.

## 8- MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LA OBTENCIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO

Los carbones activados pueden obtenerse de diversos precursores carbonosos, aunque los más utilizados son madera, carbón mineral o cáscaras de coco. Entre los precursores más utilizados se encuentran:

**8.1 Bagazo de caña de azúcar:** Es un material lignocelulósicos constituido principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina. Se obtiene como subproducto o residuo en los centrales azucareros después de la extracción del jugo de la caña de azúcar y representa aproximadamente entre el 25 y 40% del total de materia procesada, dependiendo del contenido de fibra de la caña de azúcar y la eficiencia de la extracción del jugo. En Venezuela es uno de los residuos agrícolas más abundantes, con una producción estimada de 600.000 toneladas al año (Pernalet & Piña. 2008).

**Figura N°7.** Vista microscópica del carbón activo.



**Fuente:** Centro Nacional de Pesquisas en Energía y Materiales (2017).

**8.2 Cáscara de coco:** el cocotero, es la más importante de todas las palmeras. Su fruto, el coco, presenta una cáscara externa, correosa o fibrosa, de 4 ó 5 centímetros de espesor, con fibras fuertemente adheridas a



la nuez. Le sigue una capa intermedia y fina y otra más dura que dispone de tres orificios próximos entre sí, con una disposición triangular y situados en el ápice. Su uso predominante es el de la producción de copra (la carne seca del coco), de la que se obtiene aceite, muy bien cotizado en las industrias de alimentos y cosméticos, y los residuos que quedan, se usan para pasto animal. La cáscara dura o endocarpio del coco se usa como combustible de alto valor calorífico (7500–7600 cal/g), y también sirve de materia prima para la obtención de carbón activado. La Confederación Nacional de Asociaciones de Productores Agropecuarios (2011) describe que en Venezuela los estados con mayor producción de coco son Falcón y Sucre donde se concentra el 70% de la producción nacional.

**Figura N° 8.** Carbón obtenido de cáscara de coco.



**Fuente:** Araque y García, (2018).

**8.3 Coque de petróleo:** el coque de petróleo es un producto residual sólido similar al carbón bituminoso que se obtiene de las refinerías después de que se han removido todos los fluidos esenciales del crudo de petróleo. Este producto representa entre el 5 y 10% del crudo total alimentado a las refinerías. En Venezuela se cuenta con gran cantidad de este producto, la estatal Petróleos de Venezuela (PDVSA) tiene una producción de 12 mil toneladas por día de coque y en el bloque Carabobo de la Faja Petrolífera del

Orinoco (FPO) hay una producción de 6.000 toneladas por día del mismo.

**Figura N° 9.** Carbón obtenido a partir del coque de petróleo.



**Fuente:** Alibaba.com, (2019)

**8.4 Madera:** es un material ortotrópico encontrado como principal contenido del tronco de un árbol. Los árboles se caracterizan por tener troncos que crecen cada año y que están compuestos por fibras de celulosa unidas con lignina. Como la madera se produce y utiliza con fines estructurales es un material muy resistente y gracias a esta característica y a su abundancia natural es utilizada ampliamente, ya desde tiempos muy remotos (Padilla. 2000).

Otros precursores también utilizados son: cáscaras de nueces, cáscaras de arroz, cáscaras de naranja y mandarina, huesos de animales, desperdicios de pasta de papel, tucas y caña de maíz, aserrín, semilla de durazno, semilla de guayaba, turba, sacarosa, carbones minerales.

Existen varios factores que convierten a un material en un potencial precursor para la producción de un carbón activado, siendo estos:

- Alto contenido de carbono.
- Bajo contenido de inorgánicos.

- Bajo nivel de riesgos en su manipulación y transporte.
- Disponibilidad en el mercado que garantice la producción.
- Bajo costo.

**Figura N° 10.** Carbón activado obtenido a partir de la madera.



**Fuente:** Solary, (2017)

## **9- USOS DEL CARBÓN ACTIVADO:**

**9.1. Uso del carbón activado granular en la purificación de agua:** el carbón activado granular (GAC) se puede usar en sustitución de los filtros de arena, actuando como filtro mecánico, es decir, removiendo las partículas por obstrucción y como adsorbente, o bien como complemento de éstos (en este caso sólo funciona como adsorbente con una mayor eficiencia en la retención de micro contaminantes).

Sin embargo, normalmente el GAC se usa después de haber filtrado el agua por lechos de arena. En este caso el GAC se empaca en torres filtrantes a través de las cuales el agua se infiltra lentamente según la dirección de su flujo. Esto se puede hacer de dos maneras:

- Sistema activo: el agua pasa a través del filtro de carbón activado, aunque no es la forma más eficiente de usarlo.

- Sistema pasivo: el agua no incide directamente contra la masa de carbón activo, sino se mueve lentamente entre sus granos y tiende a ocupar de forma efectiva sólo una parte del lecho filtrante. La adsorción se da lentamente y solamente en la superficie externa de los granos de carbón. Aunque se tarda más en eliminar los contaminantes se adsorbe lo más posible. Es más eficiente y funciona con la mínima atención.

**9.2 Uso del carbón activado en polvo (PAC):** Hay dos formas de aplicar el carbón activado en polvo (PAC); la primera consiste en usar el carbón seco, mojarlo y aplicarlo al agua, mientras que la otra forma consiste en hacer suspensión con el carbón activado en polvo en un envase y aplicarla al sistema. Cuando no hay filtros de arena en la purificación se debe aplicar PAC en suspensión directamente a los depósitos del agua. La suspensión se distribuye en la superficie del depósito de la manera más uniforme posible, es decir, se debe aplicar mayor cantidad de la suspensión del PAC en las áreas donde el depósito es más profundo. El PAC se asienta completamente en uno o dos días. Para corregir problemas de sabor la dosis puede ir desde 1 hasta 1200 libras de PAC por millón de galones de agua. El 80 % de los olores y sabores pueden ser removidos con dosis de 10 a 40 libras de carbón activado por millón de galones de líquido.

### **9.3 Uso del carbón activado por áreas específicas**

- Adsorción de gases: a nivel industrial es empleado para recuperar los solventes utilizados en los procesos, para su posterior reutilización o simplemente para evitar su incorporación al ambiente.
- En la medicina: ciertas bacterias tóxicas son removidas por carbón activado, por lo que es usado para el tratamiento de gastritis y enteritis y para

tratar envenenamientos ocasionados por alimentos, alcaloides, metales, fósforo, fenol, entre otros.

- En el tratamiento de agua: se usa en los procesos de separación de iones de soluciones, como la suavización o ablandamiento de agua y la desmineralización, también en el tratamiento de agua potable y de aguas residuales.

- En la industria de bebidas y alimentos: se utiliza para tratamiento de aguas, también como clarificante, removedor, purificador para la fabricación de vinos, cerveza, refrescos, entre otros, y en la manufactura del azúcar, para la remoción de colores y sabores.

- En catálisis: generalmente interviene como catalizador en reacciones de oxidación, de combinación, de descomposición y de eliminación. Su papel es diferente según sea la reacción, para unas dependerá de los grupos carbono-oxígeno presentes, para otras de la variabilidad de sitios activos.

- En otras aplicaciones: desodorización y purificación del aire para aplicaciones técnicas, en los casos por ejemplo de atmósferas para licuefacción y en algunas de aire comprimido; recuperación de gasolinas, propano y butanos del gas natural, tal y como lo reporta el proceso de síntesis Fischer-Tropsch a bajas presiones; cromatografía de gases, donde actúa de coadyuvante en análisis de separación y detención; recuperación de metales valiosos y remoción de metales pesados en soluciones acuosas, tales como la adsorción del oro sobre el carbón activado.

## **10- PROCESO GENERAL PARA LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO**

Este proceso involucra varios pasos que van desde la selección de la materia prima hasta la obtención del carbón activado. Acondicionamiento de la materia prima:

Es bien sabido que, para lograr la producción de un carbón activado competitivo en el mercado, el precursor debe cumplir con ciertas condiciones

básicas antes de iniciar el proceso de activación; por esta razón la materia prima es sometida a:

- Reducción de tamaño: el objeto de la reducción de tamaño es llevar al material de partida a una distribución de tamaño de partícula inferior a la inicial, para tener un producto en el entorno de la granulometría deseada. El proceso se realiza llevando al precursor a un equipo de molienda.
- Tamizado: el tamizado tiene como objetivo separar las partículas de diferentes tamaños obtenidas después de que el precursor ha sido sometido al proceso de molienda. Esta etapa juega un papel importante en la activación química, pues el tamaño de partícula determina el área expuesta al agente activante y el tiempo de penetración del mismo en el precursor.
- Secado: el precursor es sometido a calentamiento en un horno a temperaturas que oscilan entre 100 y 120 °C con el fin de eliminar el exceso de agua y compuestos volátiles presentes en el mismo (Manual del carbón activado 2003).

### **10.1- ACTIVACIÓN DEL MATERIAL CARBONÁCEO DE LA CÁSCARA DE COCO:**

Activando la cáscara de coco a alta temperatura (800 °C) en presencia de vapor de agua se puede obtener un carbón hidrofílico (afinidad con el agua), microporoso (con ultramicroporos de diámetros < 0.7 nm), apropiado para aplicaciones que involucran separación de gases; pero, si se activa a menor temperatura (450 °C) usando un agente químico, como ácido fosfórico, cloruro de calcio o cloruro de zinc, se puede obtener un carbón hidrofílico de poros más anchos (con mesoporos > 2 nm) apropiado para aplicaciones en fase líquida [Reinoso, (2005)]. Además, de obtener una amplia distribución de poros, el carbón activado obtenido de la cáscara de coco resulta con mayor dureza y resistencia, comparado con el obtenido de

madera. Otra ventaja que ofrecen los carbones activados obtenidos de materiales orgánicos, en relación a los obtenidos de materiales inorgánicos, es que, en los primeros, el porcentaje de cenizas es menor.

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS.**

**Absorber:** Atraer y retener, respectivamente, un líquido o un gas o vapor.

**Adsorción:** proceso por el cual átomos, iones o moléculas de gases, líquidos o sólidos disueltos son atrapados o retenidos en una superficie. Un contaminante soluble (adsorbato) es eliminado del agua mediante el contacto con una superficie sólida (adsorbente).

**Activación del carbón:** proceso en el que se le añade gas al carbón (de manera física o química) para lograr una mayor porosidad en el mismo.

**Activación física o del vapor:** el material carbonizado se trata con una mezcla de gases de combustión y vapor de agua a una alta temperatura para que se active.

**Activación química:** una sustancia deshidratante, que puede ser un ácido, se mezcla con la materia prima y se somete a un tratamiento a temperaturas moderadas.

**Campos petroleros:** zona con abundancia de pozos de los que se extrae hidrocarburos del subsuelo.

**Carbón:** roca sedimentaria de color negro, muy rica en carbono; también se refiere a la materia sólida, ligera, negra y muy combustible, que resulta de la destilación o de la combustión incompleta de la leña o de otros cuerpos orgánicos.

**Filtración:** proceso físico que hace que un elemento sea dividido en partes de acuerdo a su grosor o tamaño, al pasar un líquido a través de un sólido



con gran porosidad.

**Macroporo:** cuando el tamaño del poro sobrepasa los 50 nanómetros.

**Mesoporo:** se denomina mesoporo cuando el tamaño del poro está en 2 y 50 nanómetros.

**Microporo:** Se denomina microporo a aquellos poros cuyo diámetro es inferior a 2 nanómetros (menos de 2 milmillonésimas partes de metro)

**Producida (refiriéndose al agua de formación):** se produce o se explota junto al hidrocarburo.

**Tratamiento de aguas:** conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico, físico-químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residual.

**SISTEMA DE VARIABLES:****Tabla 1.** Mapa de Variables.

**Objetivo General:** Plantear el carbón activado a partir de la cáscara de coco como alternativa para la disminución de fenoles en aguas efluentes.

Objetivos Específicos	Variable	Definición Operacional	Indicadores
<ul style="list-style-type: none"><li>• Aplicar activación química a carbón obtenido a partir de la cáscara de coco para aumentar su porosidad.</li></ul>	Carbón activado.	Carbón obtenido a partir de la cascara de coco, activado previamente con cloruro de calcio para aumentar su porosidad de manera que permita la retención de fenoles en aguas efluentes.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiempo para su activación.</li><li>• Tamaño de poros del carbón activado.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Determinar la efectividad del carbón activado a partir de la cáscara de coco para disminución de fenoles en aguas efluentes.</li></ul>	Efecto del carbón activado en concentración de fenoles.	Se conoce como el resultado que se puede apreciar y medir una vez que el carbón activado se coloca en contacto con una concentración de fenoles en efluentes.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cantidad de carbón activado para cada muestra.</li><li>• Tiempo de sumergido del carbón activado.</li><li>• Cantidad de fenoles absorbidos.</li></ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proponer la implementación del carbón activado a partir de la cáscara de coco para el tratamiento de aguas efluentes.</li> </ul>	<p>Filtro de carbón activado.</p>	<p>Mecanismo implementado para la depuración de aguas efluentes, que permitirá disminuir fenoles en las misma.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad con respecto al agua.</li> <li>• Tiempo de uso y limpieza.</li> <li>• Ubicación del filtro en recorrido de las aguas efluentes en estación de flujo.</li> <li>• Tamaño de las partículas</li> </ul>
---	-----------------------------------	--	---

**Fuente: Araque y García, (2018)**

## **NORMATIVA Y ASPECTOS LEGALES.**

La fundamentación legal de esta investigación está contemplada en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999), Ley Orgánica del Ambiente (2012), la Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación de Venezuela y la Ley de Aguas (2007).

### **CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA (1999) GACETA OFICIAL Nº 5.453 DE 24-MAR-2000**

- **Artículo 127.** “Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, genética, los procesos ecológicos, los parques nacionales, y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica. El genoma de los seres vivos no podrá ser patentado, y la ley que refiera a los principios bioéticos regulará la materia.

Es una obligación fundamental del estado, con la actividad participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación y en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidas, de conformidad con la ley”.

De esta manera, como lo refleja este artículo es un derecho y un deber que tienen todos los ciudadanos y el Estado de proteger el medio ambiente y es obligación del Estado ser garante de un ambiente libre de contaminación con la participación activa de la ciudadanía.

- **Artículo 304.** Todas las aguas son bienes de dominio público de la

Nación, insustituibles para la vida y el desarrollo. La ley establecerá las disposiciones necesarias a fin de garantizar su protección, aprovechamiento y recuperación, respetando las fases del ciclo hidrológico y los criterios de ordenación del territorio.

Absolutamente todas las aguas dentro del territorio nacional son nuestra responsabilidad como venezolanos, por lo que debemos garantizar la preservación de las mismas, así como proponer técnicas que nos permitan su aprovechamiento.

### **LEY ORGÁNICA DEL AMBIENTE (2012) GACETA OFICIAL Nº 39.913**

- **Artículo 12** “El Estado, conjuntamente con la sociedad, deberá orientar sus acciones para lograr una adecuada calidad ambiental que permita alcanzar condiciones que aseguren el desarrollo y el máximo bienestar de los seres humanos, así como el mejoramiento de los ecosistemas, promoviendo la conservación de los recursos naturales, los procesos ecológicos y demás elementos del ambiente...”

El deber de los venezolanos es orientar sus acciones para lograr una adecuada calidad ambiental garantizando el bienestar de los seres humanos y de su entorno. Este artículo respalda el siguiente trabajo de investigación ya que permite asegurar el bienestar de los seres humanos a través del cuidado y proceso de depuración de aguas efluentes.

- **Artículo 39** Todas las personas tienen el derecho y el deber de participar en los asuntos relativos a la gestión del ambiente.

Es un deber y un derecho de la comunidad en general de participar en los temas de gestión ambiental, ya que todos nos beneficiamos de él y todos

debemos participar en su conservación.

- **Artículo 57** Para la conservación de la calidad del agua se tomarán en consideración los siguientes aspectos:
  1. La clasificación de las aguas atendiendo a las características requeridas para los diferentes usos a que deba destinarse.
  2. Las actividades capaces de degradar las fuentes de aguas naturales, los recorridos de éstas y su represamiento.
  3. La reutilización de las aguas residuales previo tratamiento.
  4. El tratamiento de las aguas.
  5. La protección integral de las cuencas hidrográficas.
  6. El seguimiento continuo y de largo plazo de la calidad de los cuerpos de agua.
  7. El seguimiento continuo de los usos de la tierra y sus impactos sobre las principales cuencas hidrográficas, que abastecen de agua a las poblaciones humanas y los sistemas de riego de las áreas agrícolas.

Es el artículo que más respalda el trabajo de investigación, ya que menciona que el tratamiento de las aguas, así como la reutilización de las aguas residuales con precio tratamiento son aspectos que contribuyen a la preservación de las aguas en el territorio nacional.

#### **LEY DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DE VENEZUELA (2010) GACETA OFICIAL N° 39.575**

- Artículo 3. “Forman parte del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación, las instituciones públicas o privadas que generen y desarrollen conocimientos científicos y tecnológicos y procesos de innovación, y las personas que se dediquen a la planificación,

administración, ejecución y aplicación de actividades que posibiliten la vinculación efectiva entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. A tal efecto, forman parte del Sistema:

1. La autoridad nacional con competencia en materia de ciencia, tecnología, innovación y sus aplicaciones, sus órganos y entes adscritos.
2. Todas las instituciones, personas naturales y jurídicas que generen, desarrollen y transfieran conocimientos científicos, tecnológicos, de innovación y sus aplicaciones.
3. Los ministerios del Poder Popular que comparten, con la autoridad nacional con competencia en materia de ciencia, tecnología, innovación y sus aplicaciones, la construcción de las condiciones sociales, científicas y tecnológicas para la implementación del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social de la Nación.
4. Las comunas que realicen actividades de ciencia, tecnología, innovación y sus aplicaciones."

Cualquier persona natural o jurídica pueden generar y desarrollar conocimientos científicos y tecnológicos y procesos de innovación, convirtiéndose en parte del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación permitiendo impartir nuevos conocimientos que fortalezcan el desarrollo del país, así como lo es una alternativa de tratamiento que permita la depuración de aguas efluentes y en un futuro lograr la remoción de contaminantes en la misma para su posterior aprovechamiento.

- **Artículo 5.** "Las actividades de ciencia, tecnología e innovación y la utilización de los resultados, deben estar encaminadas a contribuir con el bienestar de la humanidad, la reducción de la pobreza, el respeto a la dignidad y los derechos humanos y la preservación del ambiente".

El trabajo de investigación se encuentra amparado por este artículo ya que es una innovación que permite la preservación del ambiente; ya que si los agentes contaminantes que se encuentran presentes en el agua efluente no se remueven pueden causar grandes daños, incluyendo pérdidas de vidas.

#### **LEY DE AGUAS (2007) GACETA OFICIAL NÚMERO 35.595**

- **Artículo 10.** “Conservación y aprovechamiento sustentable. La conservación y aprovechamiento sustentable de las aguas tiene por objeto garantizar su protección, uso y recuperación, respetando el ciclo hidrológico, de conformidad con lo establecido en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, en esta Ley y en las demás normas que las desarrollen.”

Este artículo resalta que se debe conservar y aprovechar las aguas, garantizando su protección, uso y recuperación, por lo que el tratamiento a partir del carbón activado obtenido de la cáscara de coco contribuye en la recuperación de las aguas efluente y a su vez permitiendo aprovecharlas y conservarlas.

#### **NORMAS SANITARIAS PARA EL PROYECTO, CONSTRUCCIÓN, AMPLIACIÓN, REFORMA Y MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES SANITARIAS PARA DESARROLLOS URBANÍSTICOS (1989). GACETA OFICIAL DE LA REPUBLICA DE VENEZUELA N°4103.**

- **Artículo 108:** “Se permitirá la descarga de aguas residuales industriales en los colectores destinados a la conducción de aguas residuales de origen doméstico, cuando o sin previo tratamiento, cumplan en cada caso con los parámetros establecidos por la Autoridad Competente, con el fin de proteger el sistema de



alcantarillado, la planta de tratamiento, su función y al personal que la opera”.

- **Artículo 109:** “Las aguas residuales de origen doméstico o industrial deberán ser sometidas a un adecuado tratamiento antes de su descarga a un cuerpo de agua o al subsuelo, en un todo de acuerdo con el reglamento establecido para la zona de descarga”
- **Artículo 157:** “En general las aguas residuales de origen industrial (según el tipo de industria) de los desarrollos urbanísticos deberán ser sometidas a tratamiento, antes de su disposición final; el grado o intensidad y demás características del tratamiento, serán las establecidas en los Reglamentos existentes o en los que establezca el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social y el Ministerio del Ambiente”

En los artículos citados se destaca que las aguas residuales de origen industrial deben pasar por un previo tratamiento que cumpla con los reglamentos existentes, de manera de proteger y conservar los suelos, por lo que un tratamiento a partir del carbón activado obtenido de la cáscara de coco podrá contribuir al cumplimiento de lo establecido.

**DECRETO N° 883 NORMAS PARA LA CLASIFICACION Y EL CONTROL DE LA CALIDAD DE LOS CUERPOS DE AGUA Y VERTIDOS O EFLUENTES LIQUIDOS (1995). GACETA OFICIAL EXTRAORDINARIA: 5.021.**

- **Artículo 10:** A los efectos de este Decreto se establecen los siguientes rangos y límites máximos de calidad de vertidos líquidos que sean o vayan a ser descargados, en forma directa o indirecta, a ríos, estuarios, lagos y embalses:

Parámetros Físico-Químicos:	Límites máximos o rangos:
Aceites minerales e hidrocarburos	20 mg/l
Aceites y grasas vegetales y animales	20 mg/l
Alkil Mercurio	No detectable (*)
Aldehidos	2,0 mg /l
Aluminio total	5,0 mg/l
Arsénico total	0,5 mg/l
Bario total	5,0 mg/l
Boro	5,0 mg/l
Cadmio total	0,2 mg/l
Cianuro total	0,2 mg/l
Cloruros	1000 mg/l
Cobalto total	0,5 mg/l
Cobre total	1,0 mg/l
Color real	500 unidades de Pt-Co
Cromo Total	2,0 mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5,20)	60 mg/l
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	350 mg/l
Detergentes	2,0 mg/l
Dispersantes	2,0 mg/l
Espuma	Ausente
Estaño	5,0 mg/l
Fenoles	0,5 mg/l
Fluoruros	5,0 mg/l
Fósforo total (expresado como fósforo)	10 mg/l
Hierro total	10 mg/l
Manganeso total	2,0 mg/l
Mercurio total	0,01 mg/l
Nitrógeno total (expresado como nitrógeno)	40 mg/l
Nitritos + Nitratos (expresado como nitrógeno)	10 mg/l
pH	6 - 9
Plata total	0,1 mg/l
Plomo total	0,5 mg/l
Selenio	0,05 mg/l
Sólidos flotantes	Ausentes
Sólidos suspendidos	80 mg/l
Sólidos sedimentables	1,0 ml/l
Sulfatos	1000 mg/l
Sulfitos	2,0 mg/l
Sulfuros	0,5 mg/l
Zinc	5,0 mg/l

Este artículo establece los límites máximos que deben cumplirse para el vertido líquido a ríos, estuarios y lagos, siendo para el fenol 0,5mg/l, de manera de protegerlos, por lo el vertido de este no debe sobrepasar los mismos.

#### MARCO METODOLÓGICO

Balestrini (2006), define como marco metodológico a “la instancia referida a los métodos, la diversidad de las reglas, registro, técnicas y protocolos, con los cuales una teoría y su método calculan las magnitudes de lo real. De allí pues, se deberían plantear el conjunto de operaciones técnicas que se incorporaran en el despliegue de la investigación en el proceso obtenido de los resultados”. Describiendo así que el marco metodológico está referido a las técnicas y los instrumentos que serán utilizados para llevar a cabo la investigación

En este capítulo se describen cada uno de los aspectos relacionados con la metodología que se ha seleccionado para desarrollar la investigación y lograr los objetivos propuestos, todo esto justificado por investigadores señalando el tipo y diseño de investigación, la población y muestra que será estudiada y que proveerá la información requerida al aplicar el instrumento de la técnica de recolección de datos.

#### **Tipo de la investigación:**

La investigación se apoya en el tipo cuantitativo. Según Hernández, Fernández y Batista (2008) “utiliza la medición numérica, el conteo y frecuentemente el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población”. Por lo que el tipo de investigación cuantitativo se ajusta a la presente investigación, permitiendo la comparación entre los resultados (numéricos) del agua efluente antes y

después de ser tratada con carbón activado a partir de la cascara de coco, esto por medio de la determinación de concentración de fenoles en aguas efluentes mediante análisis fisicoquímicos medidos con el espectrofotómetro DR 5000.

### **Metodología:**

Tomando en cuenta el tipo de investigación cuantitativa en la que se enfoca el presente trabajo la metodología implementada es de tipo investigación experimental ya que según Fideas Arias (2012) “La investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente)”. Con referencia a lo citado la investigación que se lleva a cabo pretende la exposición de aguas efluentes (con cierto porcentaje de fenoles) al carbón activado a partir de la cascara de coco para así determinar el porcentaje (de fenoles) adsorbido por el mismo.

De lo antes expuesto se refuerza con lo descrito por Vélez S. (2001), donde resalta que la investigación experimental “está orientada a la utilización del conocimiento básico y aplicado en la introducción de productos y servicios del mercado, previo control de los resultados mediante el diseño, construcción y prueba de modelos, prototipos e instalaciones experimentales (plantas pilotos)”. Así mismo es evidente que el presente trabajo entra en este tipo de investigación ya que utilizando el conocimiento básico (teórico) que se obtiene sobre los carbones activados para adsorción de colores, olores, sabores, solidos suspendidos entre otros, se plantea el activado a partir de la cascara de coco para la adsorción de fenoles, llevando a cabo lo planteado a través de pruebas experimentales donde se compruebe o desapruebe lo planteado.

## **Población y Muestra**

### **Población**

Hurtado (2000), explica “la población de una investigación está constituida por el conjunto de seres los cuales se van a estudiar en el evento, y que, además, compartan, como características comunes los criterios de inclusión, es a la población a quien estarán referidas las conclusiones del estudio.

Tomando en cuenta lo antes descrito la población en el presente trabajo de investigación es 4800mililitros (4,8 Litros) de agua efluente tomada en la tanquilla API de la estación de flujo Silván.

### **Muestra**

La muestra es la que puede determinar la problemática ya que es capaz de generar los datos con los cuales se identifican las fallas dentro de los procesos. Además, según Arias (2006) define que la muestra es “una proporción, un subconjunto de la población que selecciona el investigador de las unidades de estudio, con la finalidad de obtener información confiable y representativa”. De lo antes descrito la cantidad de agua efluente tomada como muestra es 6,25% de la población para cada muestra de tratada, la cual equivale a 300mililitros para cada una.

## **Técnicas, Instrumentos y Materiales Aplicados en la Recolección de Datos.**

Según Arias (1999) “las técnicas de recolección de datos son las distintas formas de obtener información”. También destaca que “los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información”. La técnica utilizada en el siguiente trabajo es experimento, ya que según Muñoz G. (2001) esta forma parte de los implementados en una investigación de tipo cuantitativo; los experimentos constituyen el modo de recolección de datos más característico y clásico de la investigación científica; según Hernández y Cols (2006), “el experimento en la investigación es un procedimiento hipotético-deductivo donde se manipulan, intencionalmente, variables independientes para observar sus efectos sobre variables dependientes en una situación controlada.”

De lo antes citado se destaca la determinación de concentración de fenoles en aguas efluentes mediante análisis fisicoquímicos medidos con el espectrofotómetro DR 5000, donde se manipula la variable independiente (carbón activado a partir de la cáscara de coco) para observar sus efectos sobre la variable dependiente (agua efluente) ya que el agua posee una cierta concentración de fenoles que va a variar dependiendo de la cantidad en gramos de coco que se le adicione. De esta forma también se destaca que el instrumento utilizado para recoger la información es el espectrofotómetro DR 5000 y para almacenar la información son los cuadernos y equipos tecnológicos tal como Tablet y laptop utilizados por los autores de la investigación.

### **Diseño experimental:**

Según los autores Santa Paella y Feliberto Martins (2010), destacan que: “el diseño experimental es aquel según el cual el investigador manipula

una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y porque causa se produce o puede producirse un fenómeno. Busca predecir el futuro, elaborar pronósticos que una vez confirmados, se convierten en leyes y generalizaciones tendentes a incrementar el cúmulo de conocimientos pedagógicos y el mejoramiento de la acción educativa”.

### **Fases del experimento:**

**Fase I:** Preparación del carbón activado partir de la cáscara de coco.

#### **Materiales:**

- 900g de la cáscara interior del coco (endocarpio)
- Agua destilada.
- Mortero con pistilo.
- Peso digital.
- Mechero.
- Capsula de porcelana.

#### **Aparatos:**

- Horno o estufa.

#### **Reactivos:**

- Cloruro de calcio (100g)

#### **Procedimiento:**

- Se llevó a cabo obteniendo con anterioridad la materia prima que fue el coco (fruta tropical) del cocotero (cocos nucifera), posteriormente se procedió a extraer de la cáscara exterior gruesa y fibrosa (exocarpio y mesocarpio) la cascara interior dura (endocarpio) que es el objeto en estudio, material del cual se obtuvo 900 gramos (0.9Kg)

**Figura N 11:** Cáscara interior del coco (endocarpio).



**Fuente:** Araque y García, (2018).

- El proceso de carbonización de la cascara interior del coco se llevó a cabo dejándola dentro de un recipiente resistente al calor (capsula de porcelana) que fue expuesta al fuego por un periodo de 20 minutos, la cascara al poseer aceites grasos acelero el proceso de carbonización dejando como resultado 150 gramos de carbón.

**Figura N° 12.** Proceso de Carbonización de la cáscara de coco.



**Fuente:** Araque y García, (2018).



- Se mezclaron 60gr del carbón obtenido con 100 gramos de cloruro de calcio y 300 ml de agua destilada, para luego ser llevado a la estufa durante 2horas y 30minutos para su activación, al cumplirse dicho tiempo se dejó reposar un intervalo de 30min a 1h, y luego se lavó con agua destilada (aproximadamente 4 lavados) para de esta manera eliminar cualquier residuo de cloruro de calcio.

**Figura N° 13.** 100gr Cloruro de calcio y 300ml de agua destilada.



**Fuente:** Araque y García, (2018).

**Figura N° 14.** Lavado del carbón activado a partir de la cáscara de coco con agua destilada.



**Fuente:** Araque y García, (2018).

**Fase II:** Observar los efectos del carbón activado a partir de la cáscara de coco en concentración de fenoles de aguas efluentes.

**Materiales:**

- Vaso de precipitado 500ml.
- Varita de vidrio o agitador.
- 60g carbón activado a partir de la cáscara de coco.
- 900ml Muestra de agua efluente.

**Procedimiento:** Dividir los 60gramos de carbón activado para tres muestras (10, 20 y 30g).

- **Muestra 1:** En vaso de precipitado de 500ml incorporar 300ml de agua efluente, agregar 10gramos de carbón activado a partir de la cáscara de coco agitar con varita de vidrio por un periodo de 2 minutos, luego dejar reposar durante 1 hora y 20 minutos.

**Figura N° 15.** Muestras de carbón activado a partir de la cáscara de coco (10gr, 20gr y 30gr).



**Fuente:** Araque y García, (2018)

- **Muestra 2 y 3:** Repetir procedimiento de la muestra 1 pero variando la cantidad de carbón a 20 y 30gr.

Nota: para mejor precisión en los resultados para cada muestra el proceso se repitió una vez, de esta manera se confirmaron resultados.

**Fase III:** Determinación de la concentración de fenoles en aguas efluentes mediante lectura en espectrofotómetro DR 5000 antes y después de la acción del carbón activado a partir de la cáscara de coco.

**Materiales:**

- Pipetas.
- Vasos de precipitados (300ml o 500ml).
- Cilindro graduado (300ml o 500ml)
- Embudo de separación (300ml y 500ml)
- Algodón.
- Gotero.
- Agua desionizada.
- Otro material general de laboratorio.

**Figura N° 16.** Cilindros graduados y vaso de precipitado.



**Fuente:** Araque y García (2018).

**Aparatos:**

- Espectrofotómetro DR 5000 (véase especificaciones técnicas anexo n°46)

**Reactivos:**

- Phenol 1
- Phenol 2
- Hardness 1 Buffer
- Cloroformo (aproximadamente 150ml)

**Procedimiento:**

- Medir 300ml de agua desionizada, en un cilindro graduado.
- Colocar esta agua en un embudo de separación de 500ml que será el blanco
- Colocar 300ml de la muestra (agua efluente) en otro embudo de separación de 300ml.
- Repetir paso anterior con muestras provenientes de agua tratada con 10, 20 y 30gr de carbón activado.
- Etiquetar los embudos (blanco y muestras).
- Añadir a los embudos 5ml del reactivo Hardness 1 Buffer y agitar.
- Agregar el contenido del sobre reactivo phenol 1 a cada embudo.
- Luego agregar el contenido del sobre phenol 2 a cada embudo.
- Agregar 30ml de cloroformo a cada embudo (hacerlo en la campana de extracción).
- Invertir varias veces los embudos y destapar eventualmente para que escapen los gases producidos.
- Dejar reposar para que ocurra la separación de los componentes en dos capas.
- Colocar un algodón en el tubo de desagüe de los embudos.
- Drenar la capa inferior de la separación en la celda de 25 ml del equipo DR 5000.
- Ingresar al programa 470 Enter.
- Girar el dial a 470nm.
- Colocar las celdas con el blanco y marcar Zero.

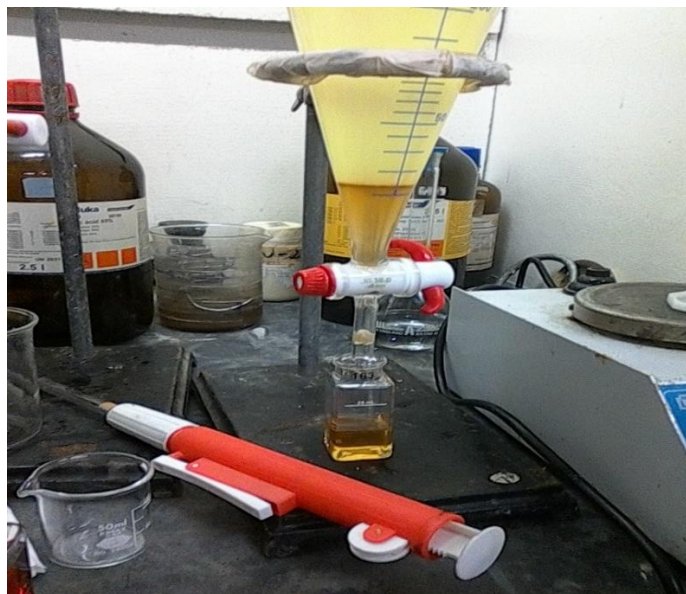
- Reemplazar el blanco por las muestras y leer.

**Figura N° 17.** Blanco en reposo para lograr la separación de las capas.



**Fuente:** Araque y García, (2018)

**Figura N° 18.** Toma de la muestra del Blanco en celda de 25ml.



**Fuente:** Araque y García, (2018).



**Figura N° 19.** Muestras obtenidas: Blanco, muestra de agua efluente sin tratar y las ya tratadas con 10, 20 y 30 gramos de carbón activado



**Fuente:** Araque y García, (2018)

**Tabla 2.** Tabla para almacenar resultados obtenidos del espectrofotómetro DR 5000.

Muestras	Concentración de Fenol (ppm)	Concentración de fenol en segunda prueba. (ppm)
Blanco		
Agua efluente sin tratar		
Agua efluente tratada con 10gr de carbón activado		
Agua efluente tratada con 20gr de carbón activado		
Agua efluente tratada con		

30gr de carbón activado		
-------------------------	--	--

**Fuente: Araque y García, (2018)**

## CAPITULO IV

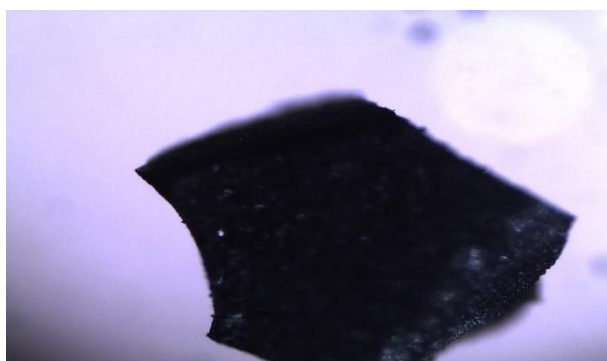
### ANALISIS DE LOS RESULTADOS

En el siguiente capítulo se desarrollan cada uno de los objetivos específicos, dando respuestas a los mismos, esto gracias a la técnica de recolección de datos aplicada la cual se lleva a cabo mediante un experimento realizado por los autores de la investigación en las instalaciones de la UNELLEZ-Barinas en el laboratorio de análisis de agua, bajo la asesoría de la tutora académica María Isabel Fonseca y la Profesora Edelis Corrales.

#### **APLICAR ACTIVACIÓN QUÍMICA A CARBÓN OBTENIDO DE LA CÁSCARA DE COCO PARA AUMENTAR SU POROSIDAD.**

Una vez que obtuvo la materia carbonácea de la cáscara de coco fue llevada a un microscopio Leica DM750 (véase anexo N° 47 sobre sus especificaciones técnicas) donde en las figuras N° 20 y 21 se muestra en partículas de aproximadamente 1cm de longitud no se lograba enfocar fácilmente su estructura física, con el revolver del microscopio de aumento 0,25; se logró apreciar de forma no precisa que la estructura solía ser rugosa, un color negro con pequeñas cristalizaciones, no presentaba algún tipo de olor y sus bordes solían ser un poco lisos.

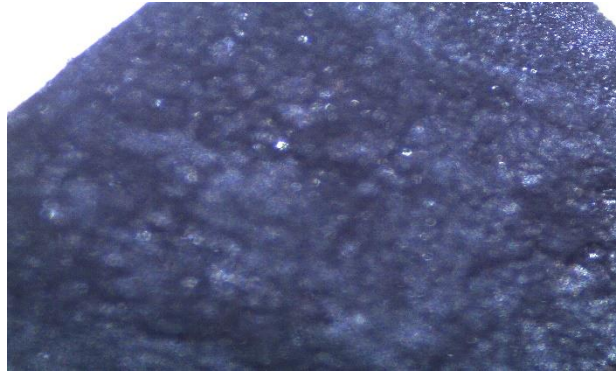
**Figura N° 20.** Carbón obtenido de la cáscara de coco sin activar.



Fuente: Araque y García, (2018).



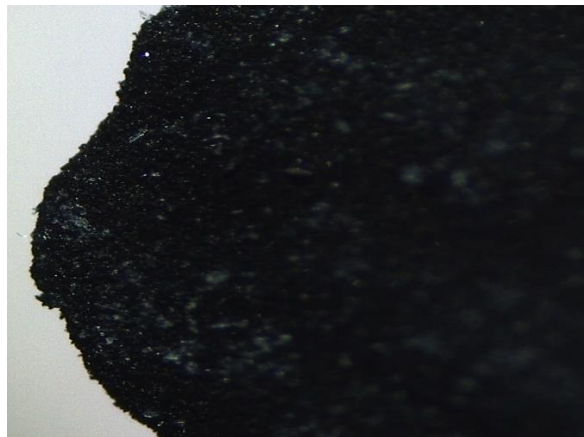
**Figura N° 21.** Carbón obtenido de la cáscara de coco sin activar.



**Fuente:** Araque y García, (2018).

Ya finalizado el proceso de activación el carbón se dejó secar por un periodo de 18hr para una vez más ser visto en el microscopio, esta vez los resultados fueron más favorables ya que con el mismo revolver de aumento utilizado con el carbón sin activar la estructura física pudo ser notada con más precisión presentando más rugosidad en comparación al carbón sin activar. Se podía apreciar pequeños orificios que podrían asumirse como pequeños agujeros o poros además de presentar un color negro más intenso en comparación a sin activar. No presentó olor, su grosor fue menor, además de que se podía apreciar que los bordes eran un poco más redondos.

**Figura N° 22.** Carbón activado obtenido de la cáscara de coco.



**Fuente:** Araque y García, (2018).

**Figura N° 23.** Carbón activado obtenido de la cáscara de coco



**Fuente:** Araque y García, (2018).

**DETERMINAR LA EFECTIVIDAD DEL CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE COCO PARA DISMINUCIÓN DE FENOLES EN AGUAS EFLUENTES.**

Para determinar la efectividad del carbón activado a partir de la cáscara de para disminución de fenoles en aguas efluentes se hicieron tres muestras del carbón activo con la misma, donde se fue variando la cantidad en gramos del carbón activado, las cantidades usadas fueron 10gr, 20gr y 30gr, todo esto siguiendo un patrón de diseño mostrado en el capítulo III fase II de esta investigación, las tres muestras se agitaron durante los primeros tres minutos y luego se dejaron en reposo durante 1hora y 20minutos para luego determinar la concentración de fenoles en aguas efluentes mediante análisis fisicoquímicos medidos con el espectrofotómetro DR 5000.

**Figura N° 24.** Vertido de agua efluente es muestras con carbón activado.



**Fuente:** Araque y García (2018)

Mientras las muestras estaban en reposo se fueron preparando los materiales e instrumentos requeridos para dicho análisis, de esta manera cuando se retira el carbón activo del agua hacer todo en el menor tiempo posible para así obtener los más precisos resultados ya que si se preparan en intervalos de tiempo muy distantes ciertos reactivos como el cloroformo pueden variar con el paso del mismo.

**Figura N° 25.** Embudos de separación de 500ml.



**Fuente:** Araque y García (2018)

Una vez cumplido el tiempo de reposo de las muestras se retiró el

mismo con la ayuda de un embudo y papel de filtro, ya obtenida las muestras de agua se procedió a la determinación de fenoles a través del método ya indicado, para realizar el blanco se colocaron 300ml de agua desionizada en un embudo de separación y se agregó 5ml del reactivo Hardness 1 Buffer y se continuo con el procedimiento indicado en el capítulo III fase III del presente trabajo de investigación, paralelamente se fue realizando el mismo procedimiento con las tres muestras y con el agua efluente; cabe destacar que el agua efluente también se hizo pasar por el papel de filtro para obtener resultados más precisos, debido a que el agua de las tres muestras también se hicieron pasar por el mismo para separar el carbón activado del agua efluente, de estas maneras ambas estarían sometidas al mismo efecto evitando así alterar el resultado.

Ya llevado a cabo el proceso descrito en el capítulo III fase III del diseño de este trabajo de investigación donde fueron añadidos los reactivos indicados y siguiendo cuidadosamente cada paso, se procedió a la determinación de la concentración de fenoles en el agua efluente, para ello las muestras respectivas fueron llevadas en la celda de 25 ml del equipo DR 5000 para determinar su concentración. La tabla N° 3 muestra los resultados obtenidos.

**Figura N° 26.** Toma de muestra del blanco en celda de 25ml



**Fuente:** Araque y García (2018)

**Figura N° 27.** Muestra llevada al espectrofotómetro DR500.



**Fuente:** Araque y García (2018)

**Tabla 3. Resultados obtenidos en el laboratorio mediante la lectura en espectrofotómetro DR 5000.**

<b>Muestras</b>	<b>Concentración de Fenol (ppm)</b>	<b>Concentración de fenol en segunda prueba. (ppm)</b>
Blanco	0,00	0,00
Agua efluente sin tratar	5,4	5,4
Agua efluente tratada con 10gr de carbón activado	5,36	5,36
Agua efluente tratada con 20gr de carbón activado	5,31	5,32
Agua efluente tratada con 30gr de carbón activado	5,28	5,28

**Fuente:** Araque D, García J. (2018)

En la tabla presentada se puede observar cómo se logra efectivamente la disminución de fenoles en cantidades muy pequeñas,



cuando se va aumentando la cantidad en gramos de carbón activado se logra apreciar como varía la concentración de fenoles en aguas efluentes. Inicialmente las pruebas arrojaron que en la concentración de fenol en el agua efluente era de 5,4ppm, cuando se le agrega 10gr de carbón activado a partir de la cáscara de coco a 300ml de agua efluente se aprecia como varia esa concentración a 5,36ppm en la primera prueba y segunda prueba (prueba de confirmación de resultados); al agregar 20gr a la misma cantidad de agua igualmente varia la concentración a 5,31ppm en primera prueba y 5,32ppm en segunda, disminuyendo entre 0,09ppm y 0,08ppm.

Cuando 300ml de agua efluente es tratada con 30gr de carbón activado a partir de la cáscara de coco se puede apreciar que la disminución es de 0,12ppm de fenol en primera prueba e igual disminución en segunda; por lo que el orden de disminución suele seguir un patrón de 0,04ppm al agregar 10gr de carbón activado.

**Nota sobre los resultados obtenidos:** En la primera lectura hecha en el espectrofotómetro UV. Vis Hach DR5000 la concentración no pudo ser visualizada puesto que el valor era mayor a 3,5mg/l, siguiendo con lo recomendado por el Manual del Espectrofotómetro DR5000 (2006) para casos en los que la concentración sobrepasa los rangos de medida del equipo se debe hacer una dilución y volver a leer.

Una dilución es una disolución de menor concentración que aquella de la que partimos. La disolución de partida se llama disolución madre. Según Berenguer y Santiago (2003) resaltan que una disolución es una dispersión a nivel iónico o molecular de una o varias especies en el seno de un medio mayoritario (generalmente el agua), constituyendo todo un sistema óptimamente vacío (es decir transparente). Una disolución verdadera es,

pues, un sistema homogéneo: todas sus propiedades físicas y químicas deben ser las mismas en cualquier punto seleccionado.

Según Brown LeMay Bursten (2004) una disolución es una mezcla homogénea de dos o más sustancias. La sustancia que está presente en mayor cantidad se llama disolvente. Las demás sustancias de la disolución se denominan solutos; y decimos que están disueltas en el disolvente.

Arana, Orruño y Barcina, (2012) resaltan que en la mayoría de los casos, se trabaja con diluciones decimales. El caso más sencillo es la preparación de 10 ml de la dilución 1/10 de la muestra. Para ello, se añade 1 ml de muestra a 9 ml de diluyente; es decir de cada 10 ml de esta dilución 1/10, 1 ml corresponde a la muestra.

Para realizar la dilución con la muestra obtenida se tomó 1ml de muestra por cada 10ml de muestra de agua efluente, por lo que para 300ml el volumen tomado para la dilución fue de 30ml. Como se desconocía la concentración de la muestra se hicieron dos diluciones de manera tal que el valor obtenido coincidiera con en el rango de medida del equipo, economizando el uso de reactivos en caso tal de que la primera dilución no estuviera acorde con el rango de medida, para ello los 30ml tomados como el volumen inicial se diluyeron con 270ml de agua destilada arrojando un valor de 300ml de muestra, para la segunda dilución se tomaron nuevamente 30ml de la primera dilución y se diluyeron con 270ml de agua destilada.

Existe una sencilla fórmula para calcular exactamente qué cantidad de solución madre y de agua se necesitan para preparar una dilución determinada, y que es la siguiente (regla de las diluciones):

$$C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f$$

Donde el subíndice i indica disolución inicial, que es la más concentrada, y el subíndice f significa disolución final, que es la menos concentrada o diluida.

$C_i$  = Concentración de la disolución madre.

$V_i$  = Volumen de la disolución madre necesario.

$C_f$  = Concentración de la disolución final o diluida.

$V_f$  = Volumen que se desea preparar de la disolución final o diluida.

En el presente caso ya se conocían los valores de  $V_i$ ,  $V_f$ , y  $C_f$  el cual era para  $V_i = 30ml$ ,  $V_f = 300ml$  y  $C_f: 0,054mg/l$  [(concentración de la dilución 2 ( $C_{d2}$ )] pero se desconocía el valor de  $C_i$  (concentración de disolución madre) por lo que se despejo de la ecuación quedando la ecuación siguiente:

$$C_i = \frac{C_f \cdot V_f}{V_i}$$

Sustituyendo el valor de  $C_{d2}$  se pudo apreciar que la concentración de la disolución 1  $C_{d1}$ :

$$C_{d1} = \frac{0,054 \frac{mg}{l} \cdot 300ml}{30ml} = 0,54mg/l$$

Con la concentración 1 podemos conocer la concentración inicial de la disolución madre:

$$C_i = \frac{0,54 \frac{mg}{l} \cdot 300 ml}{30ml} = 5,4mg/l$$



La concentración inicial del fenol era 5,4ppm fenol. Este cálculo se repitió para las todas las diluciones hechas con las muestras tratadas con 10gr, 20gr y 30gr de carbón activado a partir de la cáscara de coco.

## **PROPONER LA IMPLEMENTACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE COCO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS EFLUENTES.**

Tomando en cuenta el análisis de los resultados se propone la utilización de carbón activado a partir de la cáscara de coco como mecanismo de tratamiento de aguas efluentes en estaciones de flujo, de esta manera podrá disminuir en cantidades muy pequeñas la concentración de fenoles, pudiendo de esta manera no solo disminuir fenoles sino también otras propiedades como turbidez, ya que durante las pruebas en laboratorio se observó cómo una vez de tratada el agua con el carbón el agua pasaba de esta turbia a traslucida, por lo que se sugiera que también se realicen otras pruebas como sólidos en suspensión y sólidos disueltos.

El presente estudio sugiere que el tratamiento sea de dos maneras, bien sea en contacto directo con el agua efluente, esto agregando el carbón activado a partir de la cascara de coco en lagunas de enfriamiento, de manera de proteger el suelo y tratar el agua, además de esta forma se tiene un tiempo de residencia más o menos largo, pudiendo lograr mejores resultados no solo para la disminución de fenoles sino también para otros parámetros tales como turbidez, solidos disueltos, sólidos en suspensión e hidrocarburos (para ello debe determinar la disminución de los parámetros mencionados).

**Figura N° 28.** Laguna de enfriamiento estación Sinco D.



**Fuente:** Araque y García (2018)

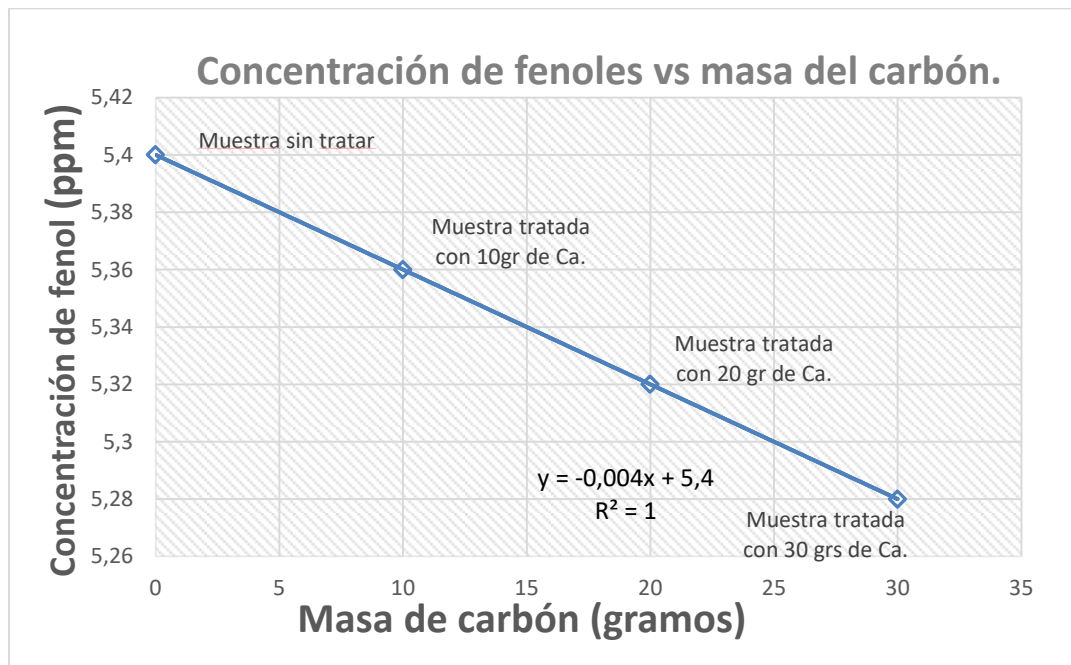
El segundo método que sugiere el presente estudio es que sea a través de un filtro para ello se deben de tomar en cuenta ciertas variables que se mencionan a continuación:

**Cantidad de carbón con respecto al agua:** Para dicha recomendación se realizó un gráfico de concentración de fenol vs masa de carbón que se muestra en el grafico N° 1 y 2. En el grafico N° 1 se da a conocer el comportamiento de disminución de fenoles en un agua efluente al ser tratada con 10, 20 y 30gr de carbón activado a partir de la cáscara de coco con respecto a la cantidad de ppm de fenoles que inicialmente tenía esa misma agua antes de ser tratada (5,4ppm), se logra observar que al aumentar la cantidad en gramos de carbón activado (Ca) disminuye la concentración de fenoles, por lo que es evidente que al incrementar la cantidad se obtienen mejores resultados. En el grafico N° 2 se da a conocer el comportamiento de la concentración de fenoles presente en el agua efluente al ser tratada con los gramos de carbón activado previamente descritos.

Como se da a conocer en los grafico 1 y 2 el comportamiento de disminución de fenol es lineal por lo que para determinar la cantidad de

carbón en gramos a utilizar se aplica una regla de tres simple, donde según los resultados se sugiere que la cantidad de carbón activado a usar sea de aproximadamente 15897gr por cada barril de agua que se trate, esta cantidad esta llevada a escala según lo usado en las pruebas de laboratorio para ello se presenta el siguiente cálculo a continuación.

**Grafico N° 1.** Concentración de fenol vs masa de carbón



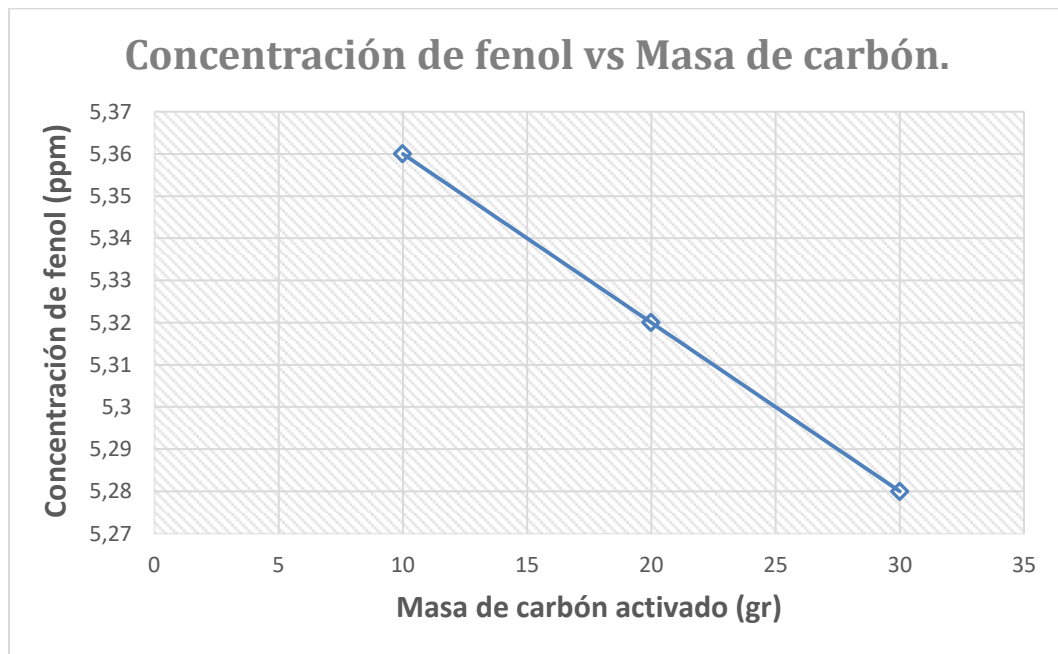
**Fuente:** Araque y García (2018).

**Tratamiento estadístico:** Se tomó a través de un modelo de regresión lineal, representando el valor R2 (coeficiente de correlación de Pearson) como medida de dispersión. Según la autora Rodríguez E. (2005) afirma que “Un R2 igual a 1 significa un ajuste lineal perfecto, ya que la suma total de cuadrados es igual a la suma de cuadrados debido a la regresión (STC=SEC), esto es, la variación total de la variable “y” es explicada por el modelo de regresión”. A la vista del resultado analítico podemos afirmar que el ajuste del modelo es bueno, ya que el valor de  $R^2 = 1$ , en concreto, el 100% de la variabilidad de la variable “y” a su promedio es explicado por el

modelo de regresión lineal. Podemos concluir que el modelo lineal es adecuado para describir la relación que existe entre estas variables.

Nota: La perfección de los datos se debe a que no se contó con suficientes puntos, por lo tanto la aplicación estadística “no aplica”.

**Grafico N° 2.** Comportamiento de la disminución de fenoles con carbón activado



**Fuente:** Araque y García (2018).

Cálculo para determinar la cantidad de carbón activado necesario para tratar 1 barril de agua efluente, tomando en cuenta que para tratar 300ml de agua efluente se utilizaron 30gr de carbón activado.

**Datos:**

- 30gr de carbón activado
- 300ml de agua efluente tratada

**Primero debemos conocer cuántos mililitros hay en un barril.**

$$1Bl \frac{42Galones}{1Barril} * \frac{3,785Litros}{1Galón} * \frac{1000mililitros}{1Litro} = 158970mililitros$$

1Barril=158970mililitros

**Teniendo en cuenta lo presentado entonces podemos saber con qué cantidad de agua en barriles se trabajó en laboratorio.**

$$300ml \frac{1Bl}{158970ml} = 0,001887148Bl$$

**De esta manera ya se puede calcular la cantidad en gramos a utilizar para filtrar cada barril con una regla de tres.**

$$\begin{array}{l} 0,001887148Bl \text{ _____ } 30gr \\ 1Bl \text{ _____ } Xgr? \end{array}$$

$$X = \frac{1Bl \cdot 30gr}{0,001887148Bl} = 15897gr \quad \Rightarrow \quad \frac{15897gr}{1000gr} = 15,897kg$$

Para tratar cada barril de agua efluente es necesario un filtro con aproximadamente 15,897kg de carbón activado, cabe mencionar que el mismo no necesita ser cambiado cada vez que se trate el barril de agua puesto que su capacidad de absorción no se disminuirá a medida que se aumente el barril, deberá hacerse pruebas periódicamente al agua para indicar el buen funcionamiento del mismo.

**Tiempo de uso antes de la limpieza:** El tiempo de limpieza va a depender de las pruebas que se le realicen para determinar su buen funcionamiento, es decir que periódicamente se debe estar midiendo la cantidad de fenoles que va disminuyendo para de esta manera determinar el tiempo del lavado,

el cual será cuando no sea capaz de absorber más fenoles. Al igual que el filtro con cascara de nuez la capacidad filtrante es limitada y se controla por medio del diferencial de presión que genera el medio poroso. Si este diferencial de presión llega a estar entre 15 a 20 psi, será necesario que el filtro pase por un proceso de limpieza conocido como retrolavado, en el cual la corriente fluye en sentido inverso al normalmente utilizado para remover las partículas atrapadas por el lecho filtrante.

#### **Ubicación del filtro:**

Se plantea que sea colocado entre el separador API y la laguna de enfriamiento, en ese punto el agua efluente ha sido tratada previamente durante las etapas del proceso que se cumple en las estaciones de flujo, teniendo menores contaminantes que el carbón activado pueda ayudar a disminuir para así continuar con la limpieza en las lagunas.

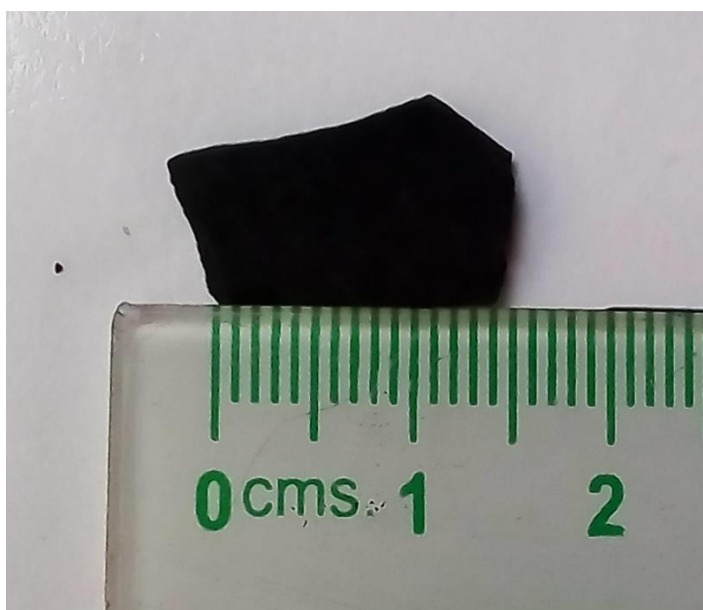
#### **Tamaño de partícula:**

El tamaño de la partícula es muy importante a la hora de realizar tratamientos con carbón activado, ya que entre más pequeña sea la partícula más alta será el área de contacto y por consiguiente mejores resultados se tendrán, es de destacar que para ello se debe tomar en cuenta de qué manera se utilizará el carbón activado para el tratamiento, si se hará pasar el agua a través del lecho filtrante o si se colocara en contacto con el mismo por intervalos de tiempo determinados.

De ser el primer caso planteado se recomienda que las partículas tengan un tamaño aproximado entre 1 a 2 milímetros ya que aumentará el área de contacto y existirá en el filtro un material o tamiz capaz de retener las partículas de manera de no perder el carbón; si es el segundo caso se

sugiere que las partículas sean aún más grandes aproximadamente entre 2 a 4 centímetros de diámetro de esta manera aprovechar al máximo su potencial por cierto periodo de tiempo, sin perder material ya que, si por ejemplo es vertido en lagunas de enfriamiento y las partículas son muy pequeñas es muy probable que se pierda material y no pueda ser reutilizado.

**Figura N° 29.** Partícula de carbón de aproximadamente 1,4cm de longitud.



**Fuente:** Araque y García, (2018)

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES

1. Se logró dar respuesta a la interrogante presentada en el planteamiento del problema de esta investigación, donde preguntaba si era posible activar completamente el carbón obtenido a partir de la cáscara de coco, lo que pudo ser comprobado a través de pruebas hechas en un microscopio de polarización antes y después de la activación, se logró diferenciar rápidamente al momento de enfocarse debido a que una vez activado fue más rápido enfocar su estructura física, se visualizó cambio en la estructura del carbón observándose agujeros o poros, convirtiéndolo en más rugoso lo que podría atribuirse al aumento de la porosidad. Los bordes se tornaron más redondos y rugosos en comparación a sin activar donde eran un poco más lisos. Esta teoría podría ser comprobada totalmente con un microscopio electrónico de barrido o transmisión.
2. De acuerdo a las pruebas realizadas se pudo apreciar la disminución de fenoles en aguas efluentes donde se disminuyó de una concentración de 5,4ppm a 5,28ppm; aunque la disminución fue poca los resultados fueron exitosos. Se observó cómo al aumentar la cantidad en gramos de carbón activado se iban obteniendo mejores resultados, siguiendo un orden de disminución de 0,04ppm de fenol por cada 10gr en 300ml de agua efluente, por lo que se puede deducir que si se agregara 40gr de carbón activado seguiría el mismo patrón, planteamiento



que no pudo ser probado debido a que no se contaba con suficientes reactivos para continuar con las pruebas.

3. Con los resultados obtenidos se pudo lograr cumplir con el tercer objetivo del trabajo de investigación donde se proponía la implementación del carbón activado como tratamiento para disminuir fenoles con una relación de 15,897kg de carbón activado a partir de la cáscara de coco por cada barril de agua efluente a tratar, siendo la mejor ubicación a la salida del separador API antes de entrar a la laguna, es decir, entre el separador API y la laguna de enfriamiento, por lo que en ese punto el agua efluente ha sido tratado previamente en las etapas del proceso de depuración de las estaciones de flujo, teniendo menores contaminantes que el carbón activado pueda ayudar a disminuir para así continuar con la limpieza en las lagunas, y que además en este punto la llegada del efluente con fenoles sería menor antes de quedar expuesta al aire (lagunas de enfriamiento).

## **RECOMENDACIONES**

1. Para la activación del carbón se sugiere realizarlo con ácido fosfórico ya que es el más adecuado para el proceso de activación se deduce que pueda tener mejores resultados.
2. Determinar la disminución de otros parámetros en aguas efluentes a partir del tratamiento con carbón activado a partir de la cáscara de coco, como disminución de hidrocarburos, sólidos suspendidos y diluidos, pH y salinidad.

3. Para realizar la medición de la concentración de fenoles se debe tomar muy en cuenta los pasos mencionados y realizarlos en el menor tiempo posible y con la mayor precisión de manera de obtener mejores resultados y evitar la alteración del mismo.
4. De repetir las pruebas comprobar la existencia de fenoles en el agua a tratar para evitar el gasto innecesario de material y reactivos.
5. Evaluar la factibilidad de un filtro o su alternativa para el tratamiento de aguas efluentes a través del contacto directo en lagunas de enfriamiento.
6. Abrir una línea de investigación que refuercen a la realizada, como por ejemplo “mecanismos que permitan la obtención de fenoles absorbidos en carbón activado” para ser reutilizados en pruebas de laboratorios o en otras áreas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ Arrieta, M. (2005). Estaciones de Flujo. Universidad Nacional de las Fuerzas Armadas.
  
- ✓ Carrillo Y, (2009). Aplicación de mejoras operacionales al proceso de tratamiento de aguas efluentes de la planta Saen III, complejo Jusepín, estado Monagas. Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Químico. Barcelona, Venezuela.
  
- ✓ Delgadillo G; Sun M, (2009). Adsorción de fenol con carbones activados preparados a partir de pepas de níspero de palo por activación química. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, vol. 75, núm. 1, pp. 64-75. Sociedad Química del Perú Lima, Perú
  
- ✓ Fidias, G. Arias. (2012). El proyecto de investigación. EPISTEME.
  
- ✓ García V y Machado R, (2011). Diseño preliminar de una planta para la obtención de carbón activado. Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Químico. Universidad de Oriente. Puerto la cruz, Venezuela.
  
- ✓ Laya K y Mejias J, (2018). Procedimientos empleados para el manejo de efluentes. PDVSA división boyacá, distrito Barinas. Trabajo Especial de Grado presentado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero de Petróleo, no publicado. Universidad Nacional de

los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. Barinas, Venezuela.

- ✓ Luna D, González A, Gordon M y Martin N, (2007). Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco. UAM–Azcapotzalco área termofluidos, México.
  
- ✓ Medina J. y Miranda G (2007) “Diseño de una unidad de filtración de agua de formación de pozo petroleros”. Proyecto previo para la obtención del título de Ingeniero mecánico. Escuela politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
  
- ✓ Normas para la clasificación y el control de calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos” (Decreto N° 883). (18 de diciembre de 1995). GACETA OFICIAL EXTRAORDINARIA: 5.021.
  
- ✓ Reinoso, Francisco, (2005) “Carbón activado: estructura, preparación y aplicaciones”, Colombia, Revista Uniandes.
  
- ✓ Sánchez J. (2013). Tratamiento y disposición final del agua producida en yacimientos petroleros. Trabajo Especial de Grado presentado para optar por el título de Ingeniero de Petróleo publicado. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México
  
- ✓ Tecnología de separación para aguas producidas. (2015). SIEMENS

## ANEXOS:

**Anexo N° 1.** Cáscara interior del coco (endocarpio).



**Fuente:** Araque y García, (2018).

**Anexo N° 2.** Proceso de Carbonización de la cáscara de coco.



**Fuente:** Araque y García, (2018).

**Anexo N° 3.** Carbón obtenido a partir de la cáscara de coco.



**Fuente:** Araque y García, (2018).

**Anexo N°4.** Pesado de 100gr Cloruro de calcio.



**Fuente:** Araque y García, (2018).

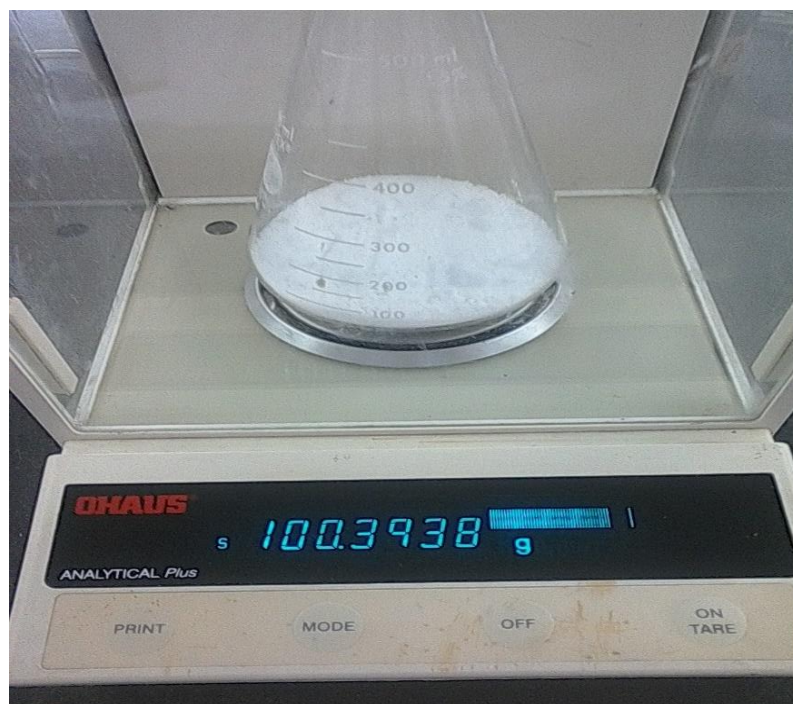


**Anexo N°5. Pesado de 100gr Cloruro de calcio**



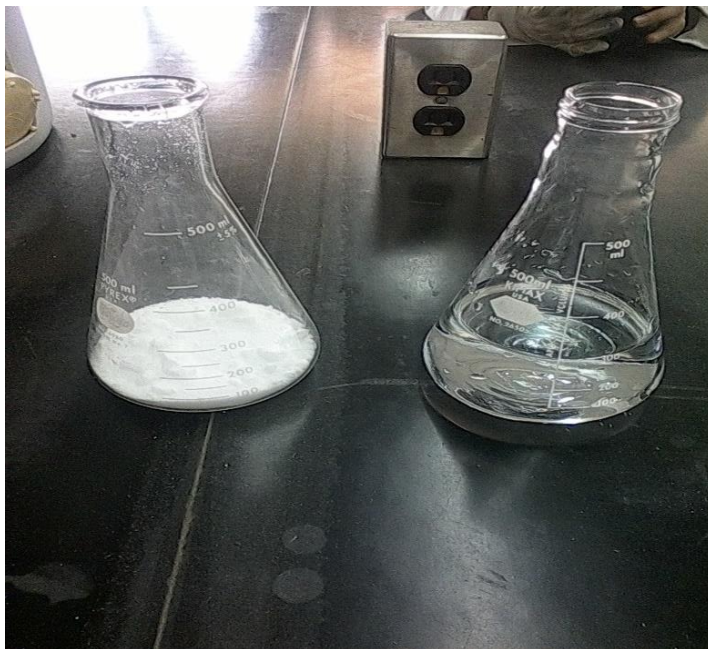
**Fuente:** Araque y García, (2018).

**Anexo N°6. 100gr Cloruro de calcio.**



**Fuente:** Araque y García, (2018).

**Anexo N°7.** 100gr Cloruro de calcio y 300ml de agua destilada.



**Fuente:** Araque y García, (2018).

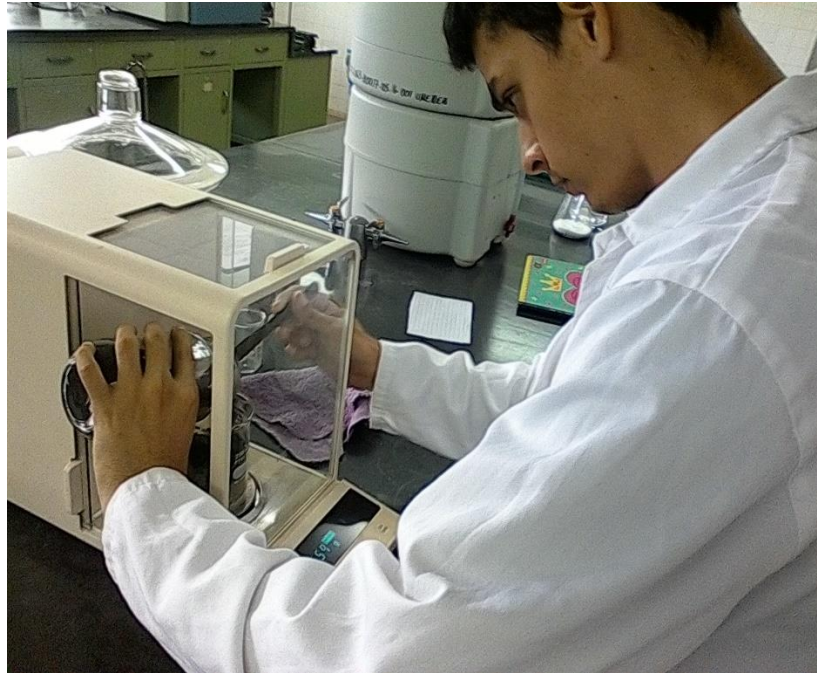
**Anexo N°8.** Pesado de 60gr de carbón a partir la cáscara de coco.



**Fuente:** Araque y García, (2018).



**Anexo N°9. Pesado de 60gr de carbón a partir la cáscara de coco**



**Fuente:** Araque y García, (2018).

**Anexo N° 10. 60gr de carbón a partir la cáscara de coco**



**Fuente:** Araque y García, (2018).

**Anexo N° 11.** Mezcla de 100gr Cloruro de calcio con 300ml de agua destilada.



**Fuente:** Araque y García, (2018).

**Anexo N° 12.** Mezcla de 100gr Cloruro de calcio, 300ml de agua destilada con 60gr de carbón a partir de la cáscara de coco.



**Fuente:** Araque y García, (2018).

**Anexo N° 13.** Mezcla de 100gr Cloruro de calcio, 300ml de agua destilada con 60gr de carbón a partir de la cáscara de coco.



**Fuente:** Araque y García, (2018).

**Anexo N° 14.** Mezcla en pistilo para ser llevada al horno durante aproximadamente 3hr.



**Fuente:** Araque y García, (2018).



**Anexo N° 15.** Carbón activado partir de la cáscara de coco una vez sacado del horno y retirado de la capsula de porcelana.



**Fuente:** Araque y García, (2018).

**Anexo N° 16.** Lavado del carbón a partir de la cáscara de coco con agua destilada.



**Fuente:** Araque y García, (2018).

**Anexo N° 17. Lavado del carbón a partir de la cáscara de coco con agua destilada**



**Fuente:** Araque y García, (2018)

**Anexo N° 18. Carbón activado partir de la cáscara de coco.**



**Fuente:** Araque y García, (2018)

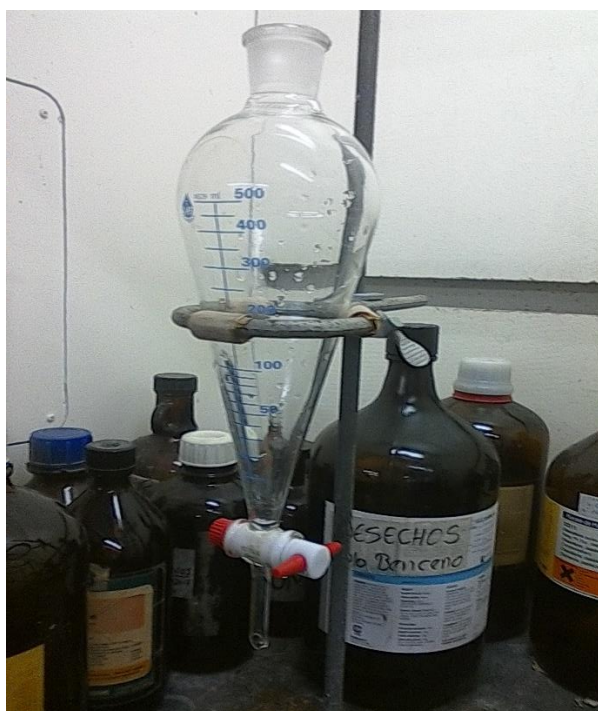


**Anexo N° 19. Embudos de separación de 500ml.**



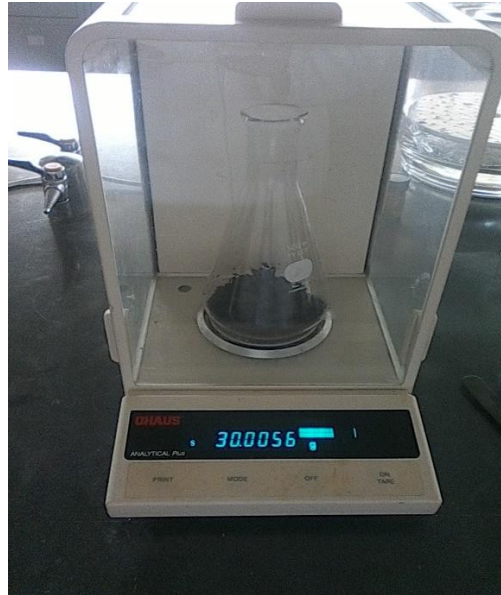
**Fuente: Araque y García, (2018))**

**Anexo N° 20. Embudo de separación de 500ml.**



**Fuente: Araque y García, (2018)**

**Anexo N° 21.** Pesado de 30gr de carbón activado a partir de la cáscara de  
COCO



**Fuente:** Araque y García, (2018)

**Anexo N° 22.** Pesado de 20gr de carbón activado a partir de la cáscara de  
COCO



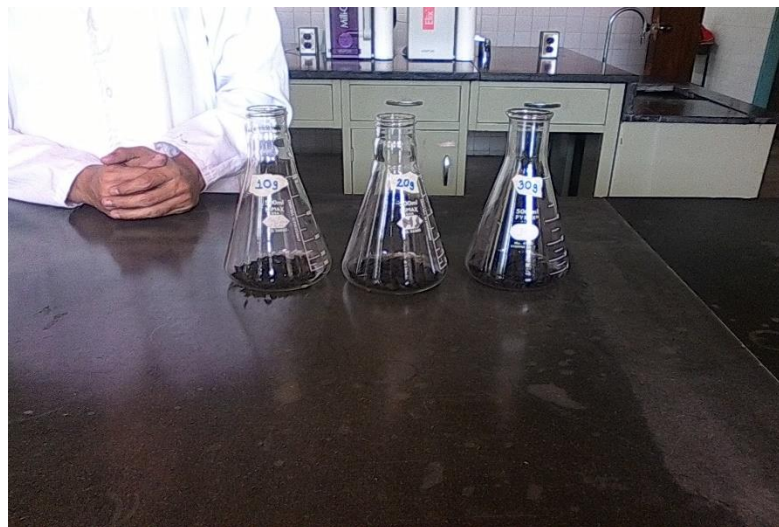
**Fuente:** Araque y García, (2018)

**Anexo N° 23.** Pesado de 10gr de carbón activado a partir de la cáscara de COCO



**Fuente:** Araque y García, (2018)

**Anexo N° 24.** Muestras de carbón activado a partir de la cáscara de coco con 10gr, 20gr y 30gr.



**Fuente:** Araque y García, (2018)



**Anexo N° 25. Muestras tratadas con carbón activado.**



Fuente: Araque y García, (2018)

**Anexo N° 26. Vertido de agua efluente en muestras con carbón activado.**



Fuente: Araque y García, (2018).

**Anexo N° 27.** 300ml de agua efluente.



**Fuente:** Araque y García, (2018)

**Anexo N° 28.** Vertido de 300ml de agua efluente en muestras de carbón activado a partir de la cáscara de coco.



**Fuente:** Araque y García, (2018)



**Anexo N° 29. Medición, 5ml Hardness 1 Buffer**



**Fuente: Araque y García, (2018)**

**Anexo N° 30. 5ml Hardness 1 Buffer.**



**Fuente: Araque y García, (2018)**

**Anexo N° 31.** Vertido de 5ml Hardness 1 Buffer en 300ml de agua destilada para preparar el Blanco.



**Fuente:** Araque y García, (2018)

**Anexo N° 32.** Vertido de 5ml Hardness 1 Buffer en 300ml de agua destilada para preparar el Blanco.



**Fuente:** Araque y García, (2018)

**Anexo N° 33.** Vertido de 5ml de Hardness 1 Buffer muestras tratadas con carbón activado.



**Fuente:** Araque y García, (2018)

**Anexo N° 34.** Vertido de 30ml de Cloroformo en cada muestra tratada con carbón activado.



**Fuente:** Araque y García, (2018)



**Anexo N° 35. Preparación del Blanco.**



**Fuente:** Araque y García, (2018)

**Anexo N° 36. Mezcla de prueba para determinación de fenol en agua efluente tratada con 10gr de carbón activado.**



**Fuente:** Araque y García, (2018)

**Anexo N° 37.** Mezcla de prueba para determinación de fenol en agua  
efluente tratada con 10gr de carbón activado



**Fuente:** Araque y García, (2018)

**Anexo N° 38.** Blanco en reposo para lograr la separación de las capas.



**Fuente:** Araque y García, (2018)

**Anexo N° 39.** Mezclas de prueba para determinación de fenoles en agua efluente tratada con carbón activado



**Fuente:** Araque y García, (2018)

**Anexo N° 40.** Toma de la muestra del Blanco una vez separadas las capas.



**Fuente:** Araque y García, (2018)



**Anexo N° 41. Lecturas es espectrofotómetro DR5000 por la profesora Edelys Corrales.**



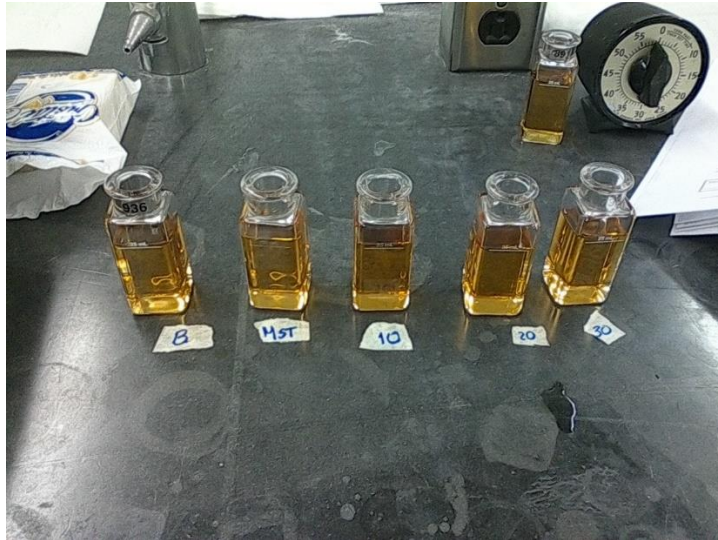
**Fuente: Araque y García, (2018)**

**Anexo N° 42. Lecturas es espectrofotómetro DR5000 por la profesora Edelys Corrales.**



**Fuente: Araque y García, (2018)**

**Anexo N° 43.** Muestras obtenidas: Blanco, muestra de agua efluente sin tratar y las ya tratadas con 10, 20 y 30 gramos de carbón activado.



**Fuente:** Araque y García, (2018)

**Anexo N° 44.** Muestras obtenidas: Blanco, muestra de agua efluente sin tratar y las ya tratadas con 10, 20 y 30 gramos de carbón activado



**Fuente:** Araque y García, (2018)

## Anexo N° 45. Algunos instrumentos utilizados en laboratorio.



Fuente: Araque y García, (2018)

## Anexo N° 46: Especificaciones técnicas espectrofotómetro del DR 5000

Especificaciones de funcionamiento	
Modo operativo	Transmitancia (%), absorbancia y concentración
Fuente de luz	Lámpara de tungsteno en atmósfera gaseosa (visible) y lámpara de deuterio (UV)
Rango de longitud de onda	190–1100 nm
Precisión de longitud de onda	± 1 nm en el rango de longitud de onda 200–900 nm
Reproducibilidad de longitud de onda	< 0.5 nm
Resolución de longitud de onda	0.1 nm
Calibración de longitud de onda	Automática
Selección de longitud de onda	Automática, mediante selección de un método
Velocidad de escaneado	900 nm/min en intervalos de 1 nm 1 escaneado completo/1min
Ancho de banda espectral	2 nm
Rango fotométrico	± 3.0 Abs en el rango de longitud de onda 200–900 nm
Precisión fotométrica	5 mAbs a 0.0–0.5 Abs 1% a 0.50–2.0 Abs
Linealidad fotométrica	< 0.5% a 2 Abs < = 1% a > 2 Abs
Luz difusa	Solución de yoduro de potasio a 220 nm > 3.3 Abs / < 0.05%
Especificaciones físicas y ambientales	
Anchura	450 mm (17.7 pulgadas)
Altura	200 mm (7.9 pulgadas)
Profundidad	500 mm (19.7 pulgadas)
Peso	15.5 kg (34.2 lb)
Condiciones de funcionamiento	10 a 40°C (50 a 104°F), 80% humedad relativa máxima (sin condensación)
Condiciones de almacenamiento	-25 a 60°C (-13 a 140°F), 80% humedad relativa máxima (sin condensación)
Requisitos de alimentación	
Conexión de alimentación	100–120 V; 200–240 V; 50/60 Hz; conmutación automática
Interfaces	1 x USB para PC solamente 2 x USB 1.1 para impresora, dispositivo de lectura USB para tarjetas de memoria y teclado
Clasificación de la caja	IP 31
Categoría de instalación (después de conectar la alimentación)	II

Fuente: Manual del espectrofotómetro del DR 5000, Hach (2006)



## Anexo N° 47. Especificaciones técnicas microscopio Leica DM750.

### Oculares independientes

Pupila de salida alta  
10x/20 (campo de visión de 20 mm)  
Ocular con retículo con marcas de 45°,  
escala y función de orientación  
Disponible fijo o enfocable  
Oculares de enfoque con soporte de retículos para retículo de 21 mm  
Oculares intercambiables  
Diámetro de montaje de 30 mm

### Tubos de observación para oculares independientes

Tubo binocular y triocular de polarización, de 30°, con ranura de alineación,  
función de orientación a 90° y 45° en el tubo de observación derecho para ocular  
con retículo  
Campo de visión máximo de 20 mm  
Cola de milano de tubo estándar Leica  
Tornillo para bloqueo del ocular en el tubo de observación izquierdo  
Rango de distancia interpupilar: 52 – 75 mm

### Estativo

La forma del estativo protege los controles  
Material del estativo: fundición de aluminio  
Fusibles externos  
Revólveres moleteados  
Revólver centrable de 4 posiciones  
Posición del compensador ISO encima del revólver

### EZStore™

Asa vertical  
Hueco delante del estativo  
Enrollador de cable  
Sujeción vertical del cable al estativo  
Compartimentos de almacenamiento en módulos A/B para 2 compensadores  
y herramientas de centraje de objetivos  
Sujeción magnética para almacenamiento de herramienta de centraje de  
objetivos  
Sujeción por retén para almacenamiento de compensadores

### Objetivos

Plataforma Infinity  
HI Plan Pol para FOV 20  
Objetivo con indicadores de grabado láser  
Rosca de revólver M25

### EZGuide™

Platinas mecánicas con indicador y sin indicador  
(recorrido de la platina 30 mm x 40 mm)

### Platina

Platina circular de superficie grande: 178 mm de diámetro  
Superficie de platina dura anodizada  
Freno para fijar el punto de rotación  
Platina con calibración en incrementos de 1 grado, de grabado láser  
Nonios en dos lados a 0.1 grado

### Condensador

Montura del condensador centrable y enfocable  
Ranura en el condensador para los controles de contraste (campo oscuro, com-  
pensador)  
Etiquetas de aumento en el condensador  
Montura de condensador estándar Leica para condensadores  
(Abbe, con revólver, abatible, etc.)

### Enfoque

Controles de enfoque para posición baja  
Mecanismo de enfoque autoajustable  
300 micras por rotación de enfoque micrométrico  
Calibrado en incrementos de 3 micras  
Botones de enfoque equilibrados

### EZLite™

Disponible de serie con diafragma de campo ajustable Koehler  
Iluminación LED: 25.000 horas de vida  
Ajuste continuo de la intensidad  
Iluminación suficiente para observación con la intensidad más baja  
Apagado automático a las 2 horas (puede activarse/desactivarse)

### Procesamiento de imágenes

Tubos trioculares disponibles (reparto de luz 50% / 50%)  
Adaptadores de rosca C con soporte estándar Leica

### Módulos intermedios

Módulo abatible de 15 mm  
Módulo para episcopía LSF

### Módulos de lente de Bertrand/Analizador

Módulo analizador con pasador para alineación del tubo de observación  
Módulo A/B básico con pasador para alineación del tubo de observación  
Módulo A/B avanzado con lente de Bertrand enfocable y  
pasador para alineación del tubo de observación

### AgTreat™

Tratamiento antimicrobiano

### Eje de episcopía

Iluminación LED de 4 segmentos para:  
Contraste de episcopía  
Contraste oblicuo  
Contraste de polarización  
Diafragma de apertura ajustable e integrado

### Certificaciones

cULus, CE, RoHS

### Suministro

Dimensiones 40 cm x 37 cm x 39 cm  
Peso: 9 kg

**Fuente:** Manual Leica Microsystems (2010)