



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES “EZEQUIEL ZAMORA”
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS Y APLICADAS
SUBPROGRAMA INGENIERÍA DE PETRÓLEO**

**COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DE FILTRADO DE CARBÓN
ACTIVADO DE ACUERDO A SU MATERIA PRIMA**

Autores: Piñero Gallardo Michel de Betania

C.I: 28.423.128

Rojas Ortega Wilkelin Mariana

C.I: 27.055.341

Tutor Académico: Ing. Martin Maldonado

Barinas, Septiembre de 2022



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES “EZEQUIEL ZAMORA”
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS Y APLICADAS
SUBPROGRAMA INGENIERÍA DE PETRÓLEO**

**COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DE FILTRADO DE
CARBÓN ACTIVADO DE ACUERDO A SU MATERIA
PRIMA**

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

Autores: Piñero Gallardo Michel de Betania

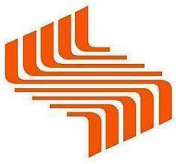
C.I: 28.423.128

Rojas Ortega Wilkelin Mariana

C.I: 27.055.341

Tutor Académico: Ing. Martin Maldonado

Barinas, Septiembre de 2022



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES “EZEQUIEL ZAMORA”
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS Y APLICADAS
SUBPROGRAMA INGENIERÍA DE PETRÓLEO**

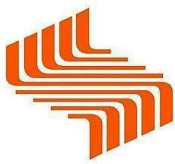
APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi carácter de Tutor (a) del Trabajo de Especial de Grado presentado por las ciudadanas **Michel de Betania Piñero Gallardo C.I: 28.423.128** y **Wilkelin Mariana Rojas Ortega C.I: 27.055.341**, 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): Ing. Martin Maldonado

C.I: 15.828.584



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES “EZEQUIEL ZAMORA”
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS Y APLICADAS
SUBPROGRAMA INGENIERÍA DE PETRÓLEO**

**COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DE FILTRADO DE
CARBÓN ACTIVADO DE ACUERDO A SU MATERIA PRIMA**

POR AUTOR (ES): Piñero Gallardo Michel de Betania

C.I: 28.423.128

Rojas Ortega Wilkelin Mariana

C.I: 27.055.341

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

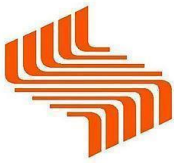
C.I:

JURADO

C.I:

TUTOR: Ing. Martin Maldonado

C.I: C.I: 15.828.584



AGRADECIMIENTOS

A **Jehová Dios Todopoderoso**, por darme la vida, salud, entendimiento, guiarme e iluminarme a lo largo de toda mi vida. ¡Bendito seas!

A **mis padres**, por ser el motor principal que impulsa mis sueños y esperanzas. Mi hermosa madre, **Rosalinda Gallardo**, ser de luz, mujer guerrera, incansable y motivadora, gracias por darme la vida, por educarme y hacer de mí la mujer que hoy soy. A mí amado padre, **Jorge Piñero**, por ser mi fiel amigo, mi mayor consejero y gran motivación, por despertar en mí las ganas de crecimiento y superación personal. A ambos por el sacrificio y por su entrega para conmigo. Son mi mayor inspiración y ejemplo de vida. Por ustedes estoy donde estoy y puedo decir lo logramos. ¡Los amo inmensamente!

A **mi hermanita, Jorbelis**, mi pedacito de cielo y regalo de Dios, gracias por existir y llenar de luz mi vida, por consentirme y darme fuerzas. Te amo.

A **mis abuelitos**, Luz, Alejandro, Elida y Jorge por todos sus consejos y motivación, ocupan un lugar en mi corazón.

A **mis tíos y tías**, su apoyo a lo largo de toda la carrera fue fundamental en mi formación.

A **mi hermano** de otra madre, **Miguel Gerónimo**, por estar siempre que te necesite y hacer de mis asuntos los tuyos. Te amito bro.

C.A, a ti por confiar en mí, por tus lecciones de vida, por tu apoyo incondicional y no abandonarme nunca, siempre me has guiado por el buen camino, estaré eternamente agradecida contigo, te amo. ¡Dios te bendiga!

A mi apreciado Profesor y tutor académico, **Ing. Martin Maldonado**, gracias por la paciencia y asumir esta responsabilidad, por cada consejo y anécdota compartida, por la motivación brindada durante este caminar, por cada palabra de aliento en el momento justo y necesario, por formarme como profesional y hacer de esta etapa más llevadera.

A la Profesora **Msc. Lisbeth Pérez**, por los largos días de trabajo en los laboratorios, por la paciencia, amor y dedicación para con nosotras, por las risas justas en los momentos precisos. Infinitas gracias.

A los amigos que la vida y Barinas me regaló, **César y Luis Alejandro**, gracias por cuidarme y preocuparse por mí, por consentirme siempre, por sus particulares ocurrencias y manera de hacer de mi estadía en Barinas más amena y fraternal. Los quiero.

A mi vecino, compañero de carrera y de trasnochos, **Luis Miguel**, todo el sacrificio se refleja. Éxitos hermano.

A mi compañera de carrera y de tesis, **Wilkelin Rojas**, a ti por la dedicación y entrega, por el esfuerzo y amor en todo el desempeño de la tesis, por motivarme en todo el caminar de este proyecto. Te quiero bebe



A mis compañeros de carrera y de laboratorio, **Ronald P y José V**, por las experiencias y risas, por la motivación y entusiasmo. El mejor de los éxitos para ustedes.

Michel Piñero

A Dios gracias por darme el don de la vida, sabiduría y fortaleza para trabajar por mis sueños y cuidar de mí a lo largo de mi vida y guiarme por el camino del bien y bendecirme con una maravillosa familia.

Mis padres William Rojas y Jaqueline Ortega. Quienes han sido mi mayor motivación durante este camino, por siempre confiar en mí por nunca dejarme sola y llevarme siempre de sus manos para que logre cada una de mis metas. Son los mejores padres que pueden existir nunca me alcanzara la vida para pagarle por tanto este triunfo también es de ustedes. Los Amo papitos

Mis hermanos. Por creer en mí por brindarme su apoyo y siempre estar a mi lado en los triunfos y derrotas son mis tesoros más preciados gracias por ser los mejores hermanos, los adoro.

A mi familia. Por brindarme su apoyo y motivación para que logre todo lo que me proponga a lo largo de mi vida gracias por siempre estar.

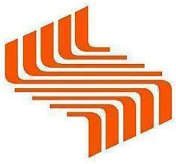
María Daniela Cegarra. Gracias por la paciencia motivación y cada consejo brindado a lo largo de este caminar, por enseñarme que todo en la vida tiene un propósito y que vale la pena luchar hasta el final. Por ayudarme en mi crecimiento como profesional y darme el cariño y protección de una familia en Barinas, eres un ser maravilloso en mi vida gracias por siempre confiar en mí y por cada palabra de aliento en el momento correcto y hacer de esta etapa más llevadera. Infinitas gracias

Martin Maldonado. Querido y admirable profesor y tutor gracias por impartir sus conocimientos y dar lo mejor de usted para formar grandes profesionales. Gracias por todo su apoyo y motivación a lo largo de este camino por su confianza y cariño. Un excelente ser humano Dios le bendiga siempre.

Lisbeth Pérez. Una excelente profesora que estuvo siempre brindándome apoyo y dedicación durante las prácticas de laboratorio para que todo saliera bien. Siempre le estaré agradecida por toda su paciencia y motivación dada Dios le bendiga siempre.

Cleisdimar y Neris. Unas excelentes amigas que la vida me regalo gracias por todo su apoyo por siempre estar para mí en los buenos y malos momentos mis chiquis las que siempre estaban y cuidaban de mí en la residencia gracias por nunca dejarme sola las Adoro.

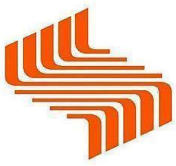
Michel Piñero. Compañera de clases y tesis, con quien he compartido buenos y malos momentos pero siempre motivándome a que lo podíamos lograr una gran amiga que la carrera me dio gracias por todo el apoyo durante este tiempo. Nunca pensamos compartir



tanto juntas y este camino de tesis nos unió gracias por tu paciencia y por estar siempre te ganaste un gran lugar en mi vida te Quiero.

José Valdez y Ronald Pérez. Compañeros de clases y de laboratorio gracias por su apoyo y paciencia en esos días de laboratorio por estar siempre dándonos apoyo y motivación hasta el final mucho que agradecerle Dios los bendiga siempre.

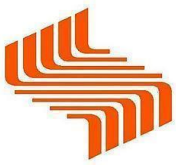
Wilkelin Rojas



A nuestra casa de estudios **UNELLEZ**, por permitirnos desenvolvemos como estudiantes y formarnos como Ingenieros de Petróleo.

A los profesores *Martin M, Jean J, Deivis G, José C, Neuro P, María C, Jesús G, Gericksson D, Miguel D, María F, Francis C*, por su guía y formación ejemplar.

Piñero & Rojas



DEDICATORIA

Dedicamos nuestro logro principalmente a Dios, por darnos vida, salud y sabiduría; a nuestros padres, y todos los familiares que han sido parte fundamental de este proceso, a la **UNELLEZ** en conjunto con todos los profesores que forjaron e impulsaron nuestra formación. A todas aquellas personas especiales que nos acompañaron durante este caminar.

Piñero & Rojas

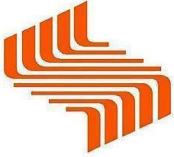
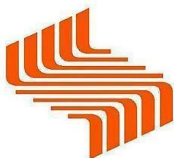


TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: EL PROBLEMA	
I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
I.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
I.2.1. Objetivo General.....	5
I.2.2. Objetivos Especificos.....	5
I.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
I.4. ALCANCE Y LIMITACIONES	6
I.4.1. Alcances	6
I.4.2. Limitaciones	6
CAPÍTULO II: MARCO CONTEXTUAL	
II.1. ÁREA DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
II.2. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	9
II.3. MARCO TEÓRICO	11
II.3.1. Carbón activado.....	11
II.3.1.1. Tipos de carbón activado.....	12
II.3.1.2. Características fisicoquímicas del carbón activado.....	13
II.3.1.3. Proceso de activación del carbón activado.....	17
II.3.1.4. Usos del carbón activado	19
II.3.2. Coco (coccus)	22
II.3.2.1. Tipos de coco.....	23
II.3.2.2. Cascara de coco	24
II.3.3. Arroz (oryza sativa)	25
II.3.3.1. Tipos de arroz según su forma	27
II.3.3.2. Cascarilla de arroz	27
II.3.4. Platano (musa paradisiaca)	29
II.3.4.1. Tipos de platano	31
II.3.4.2. Propiedades funcionales del platano	31
II.3.4.3. Cascara de platano	32
II.3.5. Aguas de producción	34
II.3.5.1. Principales componentes de las aguas de producción	35
II.3.5.2. Tratamiento de aguas residuales	36
II.3.5.3. Características de las aguas residuales	37



II.3.6. Metodo de Mohr	41
II.3.7. Fenol por amynopirine.....	41
II.3.8 Metodo 4500-NO ₂ -B.....	42
II.3.9. Metodo 4500-NO ₃ -B.....	43
II.3.10. GLOSARIO DE TÉRMINOS	44
II.3.11. SISTEMA DE VARIABLES.....	47
II.3.12. MAPA DE VARIABLES.....	49
II.3.13. NORMATIVA Y ASPECTOS LEGALES	50
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	
III.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	56
III.2. METODOLOGÍA	56
III.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	57
III.4. TÉCNICA, INSTRUMENTOS Y MATERIALES APLICADOS EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	58
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
V.1. Conclusiones	109
V.2. Recomendaciones.....	110
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112
ANEXOS.....	114

INDICE DE TABLA

Tabla N° 1. Mapa de variables
Tabla N° 2 Sinopsis de la población y muestra
Tabla N° 3 Sinopsis de la recopilación de datos (objetivo n°1)
Tabla N° 4 Sinopsis de la recopilación de datos (objetivo n°2)
Tabla N° 5 Sinopsis de la recopilación de datos (objetivo n°3)
Tabla N° 6 Sinopsis de la materia prima inicial (objetivo n°1)
Tabla N° 7 Comparación de la materia prima antes y después de carbonizar
Tabla N° 8 Sinopsis columnas cromatográficas
Tabla N° 9 Volumen de Nitrato de plata utilizado por muestra
Tabla N° 10 Absorbancias leídas en el espectrofotómetro para fenoles
Tabla N° 11 Absorbancias leídas en el espectrofotómetro para nitritos
Tabla N° 12 Absorbancias leídas en el espectrofotómetro para nitratos
Tabla N° 13 Masas de carbones obtenidos
Tabla N°14: Porcentajes de masa obtenidos de la carbonización
Tabla N°15 Concentraciones finales de cloruros

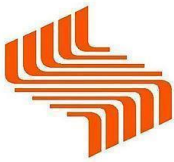
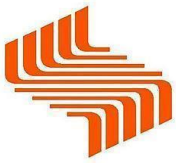


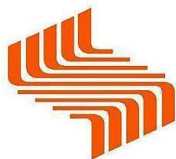
Tabla N°16 Promedio de concentraciones finales de cloruros
Tabla N°17 Concentraciones finales de fenoles
Tabla N°18 Promedio de concentraciones finales de fenoles
Tabla N°19 Concentraciones finales de nitritos
Tabla N° 20 Promedio de concentraciones finales de nitritos
Tabla N°21 Concentraciones finales de nitratos
Tabla N°22 Promedio de concentraciones finales de nitrato
Tabla N°24 Eficiencia de absorcion de nitritos
Tabla N°25 Eficiencia de absorcion de nitratos
Tabla N°26 Resumen de eficiencia de absorcion del carbon activo en cloruros, nitritos y nitratos

INDICE DE FIGURAS

Figura N°1 Croquis de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” (UNELLEZ)
Figura N°2 Carbón Activado
Figura N°3 Carbón Pulverizado
Figura N°4 Carbón Granular
Figura: N°5 Tamaños de Poros del carbón activado
Figura N°6 Diagrama de activación química del carbón
Figura N°7 Cocos (coccus)
Figura N°8 Coco gigantes
Figura N°9 Cocos enanos
Figura N°10 Cocos hibridos
Figura N°11 Cascara de coco
Figura N°12 Planta de arroz (oryza zativa)
Figura N°13: Cascarilla de arroz
Figura N°14: Plátano (musa paradisiaca)
Figura N°15 Cascara de plátano
Figura N° 16: Aguas de producción
Figura N°17 Cascara de Coco en proceso de carbonización
Figura N°18 Cascarilla de Arroz en proceso de carbonización
Figura N° 19 Proceso de carbonización de la materia prima
Figura N°20 Proceso de carbonización de la materia prima
Figura N° 21 Medición de la masa antes de activar
Figura N°22 Preparación de la solución H₄PO₃
Figura N°23 Solución de H₄PO₃
Figura N° 24 Carbón inmerso en la solución de H₄PO₃
Figura N°25 Muestras de carbón antes de llevar a la estufa
Figura N° 26 Muestras llevadas a la estufa



- Figura N°27 Medición de las masas luego de activar**
- Figura N°28 Lavado del carbón después de activar**
- Figura N°29 Microscopio utilizado**
- Figura N° 30 Medición de fenol**
- Figura N°31 Solución contaminada**
- Figura N° 32 Columnas de filtración**
- Figura N°33 Filtración por gravedad**
- Figura N°34 Extracción de muestras**
- Figura N° 35 Ajuste de pH**
- Figura N°36 Titulación de cloruros**
- Figura N° 37 Agregado el colorante**
- Figura N°38 Lectura espectrofotométrica**
- Figura N°39 pH-metros**
- Figura N°40 Agregando solución de colorante**
- Figura N°41 lectura de las muestras**
- Figura N°42 Filtración al vacío**



**UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES “EZEQUIEL ZAMORA”
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS Y APLICADAS
SUBPROGRAMA INGENIERÍA DE PETRÓLEO**

**COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DE FILTRADO DE
CARBÓN ACTIVADO DE ACUERDO A SU MATERIA
PRIMA**

POR AUTOR (ES): Piñero Gallardo Michel de Betania

C.I: 28.423.128

Rojas Ortega Wilkelin Mariana

C.I: 27.055.341

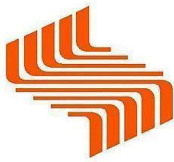
Tutor Académico: Ing. Martín Maldonado

RESUMEN

Venezuela es un país caracterizado por la variedad de tipología de suelos que la caracterizan, suelos propicios para el cultivo de especies vegetales, por ende, presenta la característica de ser un país donde los desechos vegetales son solo eso, “desechos”. En torno a esto nace la presente investigación, con el objetivo de evaluar el aprovechamiento de los desechos vegetales en el tratamiento de aguas efluentes provenientes de la industria. Por su parte, los altos volúmenes de agua producida asociada al petróleo amerita de un tratamiento adecuado, con esto salvaguardamos el ambiente e incluso a la población. En este sentido, para cumplir tal fin, se propone la implementación de cascarilla de arroz, coco y plátano verde y maduro como materia prima para elaborar carbón activado y el posterior tratamiento de parámetros físicos y químicos presentes en aguas de producción petrolera, con el objetivo de mejorar la relación con el ambiente a través de un sistema ecológicamente amigable y económicamente rentable. Se debe entender que el desarrollo de esta investigación corresponde al criterio cuantitativo de tipo experimental, para dicho criterio se llevaron a cabo los procesos pertinentes de laboratorio requeridos para obtener la información necesaria para luego ser manejada a través de cálculos matemáticos y comparaciones entre sí para dar de esta manera respuesta a cada uno de los objetivos específicos planteados en nuestro trabajo. El método concluyó excelentes resultados para la disminución y/o remoción de cloruros, nitratos y nitritos, arrojando eficiencias superiores al 90%.

Palabras clave: remoción, carbón activado, cloruros, nitratos, nitritos.

Emails: michbet26@gmail.com ; wikelinmarianarojas@gmail.com



INTRODUCCIÓN

Actualmente la industria del petróleo es considerada como una de las más importantes en el mundo, debido a que produce la principal fuente de energía empleada para el transporte y la industria, sin embargo, la misma ha causado daños ambientales de gran magnitud por el potencial contaminante resultantes de sus operaciones, los cuales se consideran contaminantes persistentes, su acumulación en el ambiente y los efectos nocivos que producen en la salud (Kumar et al., 2014). A nivel mundial la industria petrolera maneja grandes volúmenes de agua, la relación agua-petróleo (RAP), correspondiente a los barriles de agua generados por cada barril de crudo producido, varía a nivel mundial entre 3 y 5, llegando a valores entre 10 y 14 para campos maduros (Morales & Revelo, 2016).

Según PDVSA (2022), el Distrito Barinas-Apure registró una producción de 26.120 barriles de agua por día (BAPD) para el mes de febrero. Los riesgos medioambientales asociados al mal manejo del agua en la industria petrolera se deben a su alto contenido de fenoles, cloro, sólidos suspendidos totales, nitrógeno y fósforo total (Bravo, 2007). En este sentido, es sumamente importante promover el tratamiento a condiciones óptimas de las aguas de producción y garantizar la tranquilidad ecológica y la salud de los seres vivos. Teniendo en cuenta los mencionados volúmenes y características del agua de producción, surgen diversos usos o destinos, así como tratamientos convencionales y novedosos para este recurso.

Existe un creciente interés mundial por encontrar métodos eficientes y económicos para el tratamiento de los contaminantes del agua, en los cuales, el objetivo principal es reducir los niveles de concentración de sustancias tóxicas. Un aspecto importante es tratar de retener los contaminantes en materiales con capacidad alta de adsorción. El filtrado mediante carbón es un método de filtración del agua que utiliza carbón activado para eliminar impurezas y contaminantes presentes en el agua; el tratado mediante carbón activado generado a partir de la cascara de coco, cascarilla de arroz y de plátano propone ser una alternativa en la disminución de parámetros físicos y químicos presentes en los efluentes.



La presente investigación presenta los resultados de la evaluación de la capacidad de retención de la cáscara o endocarpio de coco (*Cocos nucifera*), la cascarilla de arroz (*oryza sativa*) y cáscara de plátano (*musa paradisiaca*) como medio filtrante para el tratamiento de agua contaminada con fenoles, cloruros, nitratos y nitritos y su eficiencia en la absorción en cada uno de los elementos. Se escogieron estos materiales por ser de desecho abundante, no es tóxico, es de bajo costo y renovable.

Para efectos de esta investigación, en el capítulo I se abordan los aspectos relacionados con la problemática y su respectiva descripción. También se resaltan algunas interrogantes cuyas respuestas se expondrán a lo largo de este estudio. Así mismo se reflejan los objetivos a alcanzar de esta investigación y a su vez los alcances y limitaciones presentados durante el desarrollo de este trabajo.

En el capítulo II se especifica el área de investigación donde se realizó el trabajo de grado. De la misma forma se exponen los antecedentes que sirvieron de base y guía para concretar de manera efectiva el estudio. Se desarrolla el marco teórico, sistema de variables, mapa de variables, normativas y aspectos legales que sustentan las bases de la investigación.

El capítulo III está definido por el marco metodológico, metodología, nivel y diseño de la investigación, la población y muestra seleccionada, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y procedimientos empleados para concretarlos.

El capítulo IV está compuesto por los resultados obtenidos de las técnicas e instrumentos aplicados, así como también los análisis técnicos para dar respuestas a cada uno de los objetivos específicos planteados.

Finalmente, en el capítulo V se darán a conocer las conclusiones y las recomendaciones del trabajo especial de grado (TEG).



CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial la industria petrolera es uno de los sectores que mayores volúmenes de agua maneja. “El agua se usa y/o se genera en las fases de exploración, producción, transporte y refinación; siendo en Colombia más alto su consumo en la etapa de producción, con 91,72% del total” (Ecopetrol, 2016).

Los riesgos ambientales asociados al mal manejo del agua en la industria del petróleo se deben a su contenido de sustancias orgánicas e inorgánicas, el vertido de estas aguas es altamente nocivo; la contaminación de los cuerpos de agua implica la afectación directa a especies vegetales y animales acuáticos a través del ingreso de tóxicos a las diferentes cadenas alimenticias y a la bioacumulación que se produce en varias especies, afectando en última instancia al ser humano.

El Distrito Barinas-Apure expone particulares características en comparación con las demás Divisiones que constituyen PDVSA, debido a los excesivos altos volúmenes de agua asociada a la producción de petróleo (APP), guardando una relación aproximada de 90% en los pozos de Barinas, es decir, por cada barril de petróleo producido se producen 9 barriles de agua. En este mismo orden de ideas, para Febrero de 2022, Barinas registró una producción estimada de 30.023 barriles de fluidos por día (BFPD) y 26.120 barriles de agua por día (BAPD), con algunos pozos produciendo con cortes de agua de hasta 97 y 99% respectivamente.

En mayor proporción, las aguas producidas son vertidas al ambiente sin tratamiento previo alguno. En este sentido, haciendo énfasis a los altos volúmenes de agua y a las condiciones de manejo actualmente en la industria venezolana, es importante asistir esta problemática; el declive de la estatal petrolera nacional en los últimos tiempos ha llevado a desatender la comunión con el medio ambiente, y su



relación directa con las comunidades aledañas a las instalaciones de operaciones industriales.

Atendiendo las cuantiosas cantidades de aguas de producción generada y su alto nivel contaminante, se dimensiona en el presente trabajo una alternativa que permita disminuir el potencial contaminante del tipo de aguas objeto de estudio. Es conocido que el carbón activado se emplea como medio filtrante en la industria de alimentos para purificación de aguas, Arrocha et al., (2019) exponen claramente: “El filtrado mediante carbón es un método de filtración del agua que utiliza carbón activado para eliminar impurezas y contaminantes presentes en el agua. Es un método utilizado desde la antigüedad y en la actualidad está volviendo a ser objeto de atención”. Fundamentada la problemática surgen las siguientes interrogantes:

¿Es posible elaborar carbón activado a partir de la cáscara de coco, cascarilla de arroz y cáscara de plátano?

¿Cuál es la efectividad del carbón activado en la remoción de parámetros físicos y químicos en las aguas de producción petrolera?

¿Variarán las propiedades filtrantes del carbón activado elaborado a partir de diversas materia prima?



I.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

I.2.1. Objetivo General

Dimensionar la eficiencia de filtrado de carbón activado de acuerdo a su materia prima.

I.2.2. Objetivos Específicos

1. Elaborar muestras de carbón activado a través de procedimientos de laboratorio, partiendo de la cascara de coco (coccus), cascara de plátano (musa paradisiaca) y cascarilla de arroz (oryza sativa) como materia prima.
2. Determinar la concentración de cloruros, fenoles, nitratos y nitritos en una muestra contaminada.
3. Estructurar un rango en la eficiencia de carbón activado a base de cascara de coco, cascara de plátano y cascarilla de arroz como medio filtrante en aguas residuales de producción petrolera.

I.3. JUSTIFICACIÓN

Los pozos de producción de petróleo presentan diferentes características que varían según las propiedades de unos a otros, entre estas propiedades resalta la relación agua-petróleo. La explotación de estos pozos puede verse afectada por la severa producción de agua asociada contaminada con compuestos orgánicos nocivos tanto para las instalaciones y sistemas propios de producción como también para el ambiente, afectando así tanto aguas superficiales como subterráneas. El tratado de aguas efluentes es competencia absoluta de una empresa petrolera, sin embargo, en Venezuela el declive de la industria ha traído consigo el deterioro de su infraestructura y de las fuerzas económicas para llevar a cabo operaciones que estén comprometidas con el marco ambiental venezolano.

Este proyecto nace como una iniciativa cuyo objetivo pretende solucionar las necesidades y limitaciones que tiene la industria actualmente. De tal manera, se presenta un sistema de purificación o descontaminación de aguas de producción de una manera ecológicamente positiva y económicamente rentable; a partir del uso de



desechos industriales cuyos volúmenes en Venezuela son altos, mitigando así pues no solo las necesidades del sector petrolero, sino también las ambientales desde diferentes líneas.

Para el desarrollo del presente objeto de investigación el método se centra en la implementación de la cascarilla de arroz, la cascara de plátano y la cascara de coco como elemento básico para la activación de sus carbones mediante procedimientos de laboratorio. Posterior a la activación del carbón se realizaran pruebas de filtración a condiciones controladas de laboratorio para el subsiguiente análisis de las muestras obtenidas después de la filtración y por consiguiente la determinación de las capacidades de absorción de cada carbón en la disminución o remoción de los parámetros físico químicos en las aguas de producción petroleras, y así estudiar si es eficiente el método de estas aguas luego de su tratamiento y si logran ubicarse dentro de los límites permisibles para su posterior vertido.

Es necesario resaltar la factibilidad del filtrado con carbón activo debido a que ya se ha llevado a cabo técnicas homologas en la purificación de aguas.

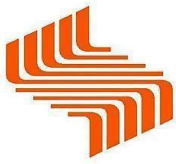
I.4. ALCANCES Y LIMITACIONES

I.4.1. Alcances

El presente Trabajo Especial de Grado tiene como función la evaluación y determinación de las propiedades filtrantes del carbón activado elaborado a partir de diferentes materiales, en las aguas de producción petrolera. El mismo pretende exponer las particulares características de remoción de contaminantes en función a la materia prima implementada. Dicha materia prima son residuos vegetales, lo que se busca son nuevas alternativas novedosas, económicamente rentables y ecológicamente satisfactorias.

I.4.2. Limitaciones

Según Arias (2012) las limitaciones en un proyecto de investigación “son obstáculos que pudieran presentarse eventualmente durante el desarrollo del estudio y que escapan del control del investigador” (p. 10). Por consiguiente, una de las limitaciones fue la disponibilidad de reactivos suficientes para la determinación de los parámetros físico químicos en las muestras, debido a la cantidad de muestras problemas a analizar, así como también para los procesos de activación del carbón, ya que fueron varios materiales utilizados para dicho proceso.



Adicionalmente, la disponibilidad de instrumentos de laboratorio diseñados para operar a altas temperaturas así como también de estufas, lo que hizo más tardío el proceso de activación de los carbones.

Aunado a esto la disponibilidad y acceso a información reciente y actualizada de las aguas de producción por parte de PDVSA, para conocer concentraciones de contaminantes en agua de campo y tener una referencia para el tratado de ellas.



CAPÍTULO II: MARCO CONTEXTUAL

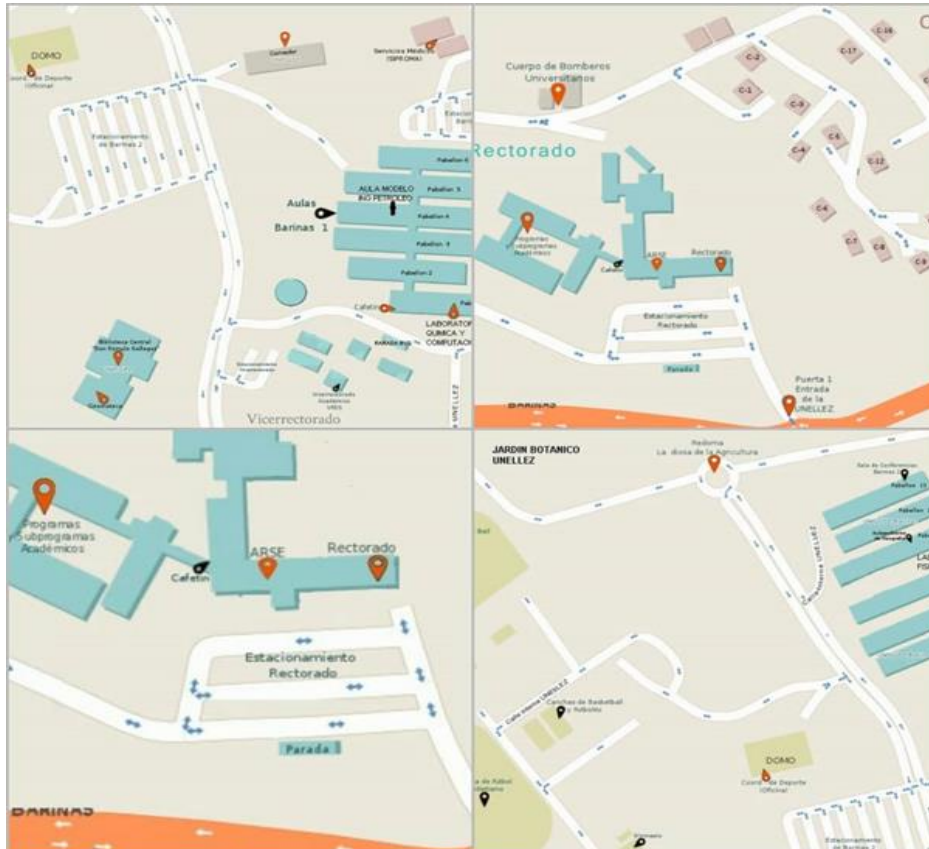
El marco contextual, también es conocido como parte del planteamiento del problema. Para efectos de la investigación se le observa y se adopta ser una guía de la tarea y proceso de investigación; lo anterior con la intención de dar seguimiento congruente y específico. Lo que se desea investigar; por ello resulta ser una parte integral de la investigación que se realiza. (Arias, 2000) Es una de las fases que se determina por su importancia de interpretación interesante dentro de un trabajo de investigación. El marco contextual, permite delinear el reflejo de lo que el investigador ha encontrado en la teoría, pero desde lo práctico; es necesario en este caso evidenciar el planteamiento del problema que se ha realizado.

II.1. ÁREA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se desarrolla en las instalaciones de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social (UNELLEZ VPDS), específicamente en el laboratorio de calidad de aguas, en el Estado Barinas, Venezuela.



Figura N°1: Croquis de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” (UNELLEZ).



Fuente: Navarro, D (2019)

II.2. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Gudiño y Jiménez (2022) “Estudio de la eficiencia del carbón activado a partir de la cascarilla de arroz para la disminución de parámetros físico químicos en aguas de producción”. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora UNELLEZ Barinas Venezuela, optando por el título de Ingenieros de Petróleo. Tomando en cuenta este trabajo de investigación muestra y explica los procesos y metodología de cómo activar el carbón luego de ser



generado, lo cual determinara su capacidad de adsorción en el proceso de descontaminación de aguas residuales.

Rosero (2015) Bogotá. “Evaluación de un proceso fotoquímico para la reducción del contenido de fenol y carbono orgánico total presente en agua de producción”. Las aguas de producción presentan un alto potencial contaminante, caracterizándose por altos contenidos de sales disueltas, materia orgánica, esta última en forma de hidrocarburos, por lo cual el potencial toxico de este tipo de residuos es notorio. Teniendo en cuenta las considerables cantidades generadas de aguas de producción y su alto nivel contaminante, se evalúa una alternativa que permita disminuir el potencial contaminante del tipo de aguas. Debido a la amplia gama de contaminantes se hace indispensable realizar algún tratamiento al agua de producción, antes de ser vertida al ambiente local, Bande, R. et al. (2008) por ello se pretende evaluar la eficacia en la reducción del carbono orgánico total y fenol presente en aguas de producción

Bravo y Garzon (2017) “Eficiencia del Carbón Activado Procedente del Residuo Agroindustrial de Coco (Cocos nucifera) para Remoción de contaminantes en agua” . Para la EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2016) el pH del agua es una medida de su acidez, y mantiene estrictos estándares para los niveles de pH adecuadas en el agua potable. Puede variar entre 0 y 14. Cuando es mayor de 7, es una sustancia básica; si es menor a 7, es una sustancia ácida. Soto et al., (2006) para el estudio de Optimización del Proceso de Remoción de Metales Pesados de Agua Residual de la Industria Galvánica por Precipitación Química utilizó agua preparada en el laboratorio, alterada con sosa para ajustar el pH y cloruro férrico como aditivo coagulante.



II.3. MARCO TEÓRICO

II.3.1. Carbón activado

De acuerdo a lo mencionado por Moukalled, H 2015, “el carbón activo es un término que describe una familia de adsorbentes carbonaceos altamente cristalinos y con una porosidad interna altamente desarrollada”. 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 gramos 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 absorbente del carbón activado es tal, que un gramo puede adsorber aproximadamente otro gramo de gases y liquido químicamente está compuesto por carbono, oxígeno, hidrogeno y cenizas.

De acuerdo con la terminología de la IUPAC, los poros cuyo tamaño no excede de 2 nm son llamados microporos, que son donde ocurre el fenómeno de adsorción en mayor medida, los que exceden de 50 nm son llamados macroporos, éstos juegan un papel importante en el transporte del adsorbato a través de los mesoporos hasta los microporos, los mesoporos son de tamaño intermedio a los valores mencionados (entre 2 y 50 nm). El volumen de los microporos es en general mayor de 0,2 cm³/g pudiendo alcanzar elevados valores de área de superficie específica interna.



Figura N°2: Carbón Activado



Fuente: Paul Musset 2020

II.3.1.1. Tipos de carbón activado

El carbón activado se puede presentar como pulverizado y granular dependiendo del tamaño del grano del mismo.

II.3.1.1.1. Carbón activado pulverizado

Los carbones pulverizados activados tienen una estructura porosa bien definida y una gran área superficial, en la cual prevalecen los macroporos y medios. Éste se adiciona al fluido a procesar, por lo cual seguidamente se remueve por sedimentación o filtración después de estar en conexión un determinado tiempo. La conexión íntima que se manufactura con el fluido es debido al tamaño de sus partículas, así como sus propiedades de sedimentación y humedad (Lazo, 2015).

Figura: N°3 Carbón Pulverizado



Fuente: Ispro, (2018)



II.3.1.1.2. Carbón activado granular

El carbón activado granular es manufacturado en base a materias primas rígidas, lo que le facilita al carbón conseguir la dureza requerida para precaver las pérdidas por manipulación y fricción. Tienen una levantada área superficial, que le concede una gran capacidad de adsorción que depende de su aplicación. Comúnmente, son utilizados en columnas de lechos móviles o fijos para procesar los fluidos (Lazo, 2015).

Figura: N°4 Carbón Granular



Fuente: Romero, J (2015)

II.3.1.2. Características físico-químicas del carbón activado

II.3.1.2.1. Composición química

El término carbón activo designa un amplio espectro de materiales que se diferencian fundamentalmente en su estructura interna (distinción de poros y superficie específica) y en su granulometría. Desde el punto de vista de la composición química, el carbón activo es carbón prácticamente puro, al igual que lo es el diamante, el grafito, el negro de humo y los diversos carbones minerales o de leña. Todos ellos poseen la propiedad de adsorber, que consiste en un fenómeno fisicoquímico en el que un sólido llamado adsorbente atrapa en sus paredes a cierto tipo de moléculas, llamadas adsorbatos y que están contenidas en un líquido o gas. La composición química del carbón activo es aproximadamente un 75-80% en carbono, 5-10% en cenizas, 60% en oxígeno y 0,5% en hidrógeno.



II.3.1.2.2. Composición física

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

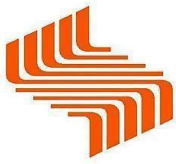
II.3.1.2.3. Tamaño de poros

El carbón activo tiene una gran variedad de tamaños de poros, los cuales pueden clasificarse 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 0.1mm. En esta clase de poros, sólo una placa ejerce atracción sobre el adsorbato y entonces lo hace con una fuerza menor, o incluso insuficiente para retenerlo. Actúan como caminos de difusión por los que circula la molécula hacia los poros de adsorción en los que hay una atracción mayor. Por lo tanto, aunque tiene poca influencia en la capacidad del carbón activo afectan a la cinética o velocidad con la que se lleva a cabo la adsorción.

Otra clasificación de los poros, es el de la IUPAC (International Unión of Pure and Applied Chemists), que se basan en el diámetro de los mismos, de acuerdo a lo siguiente:

- Microporo: Menores a 2 nm.
- Mesoporos: Entre 2 y 50 nm.
- Macroporos: Mayores a 50 nm (típicamente de 200 a 2000 nm)

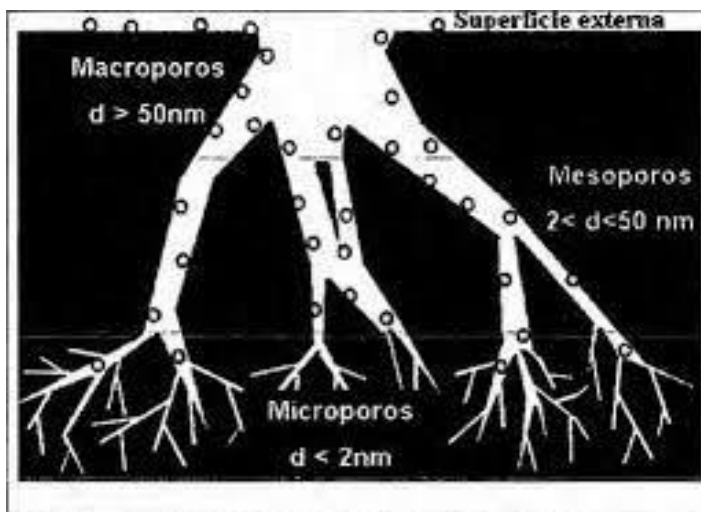


Los microporos tienen un tamaño adecuado para retener moléculas pequeñas que aproximadamente corresponden a compuestos más volátiles que el agua, tales como olores, sabores y muchos solventes. Los macroporos atrapan moléculas grandes, tales como las que son cloradas o las sustancias húmicas (ácidos húmicos y fúlvicos) que se generan al descomponerse la materia orgánica. Los mesoporos son los apropiados para moléculas intermedias entre las anteriores.

Por lo tanto, la capacidad de un carbón activo para retener una determinada sustancia no solo depende de su área superficial, sino también de la proporción de poros internos que tenga dicho carbón, y del tamaño de los mismos (un tamaño adecuado para un poro debe oscilar entre 1 y 5 veces el diámetro de la molécula a retener)

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

Figura: N°5 Tamaños de Poros del carbón activado



Fuente: Rojas, C (2019)



II.3.1.2.3.1. Importancia de la textura porosa de los carbones activos

Los carbones activados, pueden presentar elevadas superficies específicas, del orden de 1000 m²/g e incluso llegar a los 3000 m²/g. Los elevados valores de superficie específica se deben en gran medida a la porosidad que presentan los materiales carbonosos, siendo los microporos los que mayor contribución tienen en la superficie específica.

En principio, cabría pensar que, a mayor superficie específica, mejores serán las características como adsorbente del carbón activado, puesto que también deberíamos tener mayor número de espacios para adsorber el adsorbato. Sin embargo, esto no es siempre cierto, ya que debemos tener en cuenta el posible “efecto de tamiz molecular”. Así, dependiendo del tamaño de las moléculas del adsorbato, puede suceder que éstas sean mayores que algunos de los poros, y por tanto, no toda la superficie sea accesible a dichas moléculas.

Por otro lado, también hay que tener en cuenta, tanto la geometría del poro, como la del adsorbato. Así, por ejemplo, determinadas moléculas pueden penetrar en poros con geometrías del tipo “rendija” y no hacerlo en poros de dimensiones similares y geometrías cilíndricas.

II.3.1.2.3.2. Importancia de la química superficial de los carbones activados

La superficie de los carbones puede encontrarse combinada en mayor o menor proporción con otros átomos distintos al carbono (heteroátomos), dando lugar a diferentes grupos superficiales en el caso de la adsorción de compuestos inorgánicos en fase acuosa esto podría resultar beneficioso. Sin embargo, en el caso de que el carbón activado vaya a ser usado para adsorber compuestos en fase gas, el hecho de que los poros estén ocupados, o incluso bloqueados, por moléculas de agua puede llegar a disminuir sustancialmente la capacidad de adsorción del carbón. De hecho, este efecto combinado de oxidación/adsorción de humedad de los carbones



activamos se conoce como efecto de envejecimiento (ageing effect) y es algo a evitar en la medida de lo posible, especialmente para las aplicaciones en fase gas.

Otra faceta importante de la química superficial de un carbón activado es su naturaleza anfótera, lo cual significa que en la superficie del carbón coexisten grupos superficiales de carácter ácido y grupos superficiales de carácter básico. El que un carbón sea globalmente ácido o básico dependerá tanto de la concentración de estos grupos como de la fuerza como ácido o base de los mismos. De forma intuitiva, se puede deducir que un carbón de tipo básico será preferible para la adsorción de compuestos ácidos que un carbón de tipo ácido y viceversa.

II.3.1.3. Proceso de activación del carbón

II.3.1.3.1. Proceso de activación física

Según la Escuela Politécnica Superior, 2017, el proceso se inicia con la etapa de carbonización, de modo que se logre la deshidratación y la desvolatilización de forma controlada, obteniéndose un carbonizado con elevado por ciento en carbono fijo y una estructura porosa inicial. Durante la carbonización los elementos no carbonosos, como el hidrógeno y oxígeno, presentes en la materia prima, son eliminados en parte por la pirolisis del material y los átomos de carbono se organizan en estructuras microcristalinas conocidas como "cristalitas gráficas elementales". Entre estos microcristales hay espacios libres, debido a que su ordenamiento es irregular. Estos espacios o intersticios son bloqueados por carbono amorfo, alquitranes y otros residuos de la descomposición pirolítica del material celulósico

Como resultado de ello los carbones producto de la carbonización sólo presentan una pequeña capacidad de absorción aumentándose esta capacidad a través del proceso de activación. La activación se realiza en una segunda etapa a temperaturas entre 800 y 1100°C en presencia de un oxidante como agente activante que puede ser CO₂ y vapor de agua (EPS, 2017).



II.3.1.3.2. Proceso de activación química

La activación química se efectúa en una sola fase, donde la materia prima establece contacto con un activador químico, dichos activadores pueden ser ácido sulfúrico, ácido fosfórico, cloruro de zinc, entre otros y se calienta a 26 temperaturas que se encuentren en medio de 400 °C a 700 °C procurando una atmósfera inerte. Los activadores químicos que se utilizan son capaces de disminuir la formación de materiales alquitranes y volátiles, levantando el rendimiento en carbono, pero dependiendo del activador químico empleado, el carbón activado tendrá menor o mayor volumen y cantidad de poros, una vez obtenido el carbón activado se lava para eliminar la impureza del activador químico empleado. También, estos carbones se pueden activar físicamente mediante gasificación parcial con vapor de agua o dióxido de carbono y de esta manera producir carbones activados con áreas superficiales mayores (Soto, 2007). Este proceso de activación química produce esencialmente un carbón activado en polvo. Si se requiere material granular, las materias primas granulares se empapan con el agente activador y se utiliza el mismo proceso.

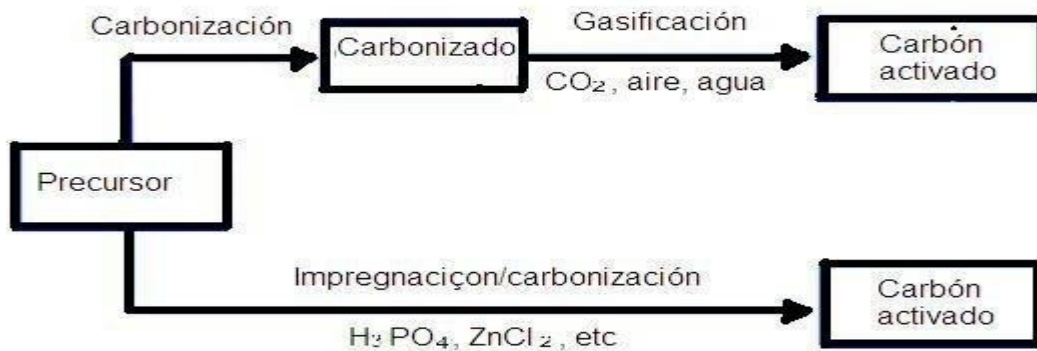
No obstante, los carbonos activados granulares obtenidos tienen una baja resistencia mecánica y no son adecuados para diversos usos en fase gaseosa. La activación química con $ZnCl_2$ fue el proceso que más se utilizó hasta el año 1970, esencialmente para la activación de residuos de madera. Sin embargo, su uso se ha restringido mucho en la época actual, a causa de los problemas medioambientales que implica el uso del $ZnCl_2$, no obstante, algunos países aún siguen utilizando este proceso para obtener carbón activado como China.

La activación química con H_3PO_4 es la que en realidad ha reemplazado al $ZnCl_2$ y los precursores en este tipo de activación en su mayoría son, como en el caso de



ZnCl₂, residuos forestales (madera, cáscara de coco, hueso de aceituna, etc.). La activación química con KOH se desarrolló en el transcurso de la época 70, para manufacturar los denominados “carbones superactivados”, con superficies particulares del orden de los 3000 m²/g, en comparación con los otros dos agentes activantes, los precursores que son mejores para la activación con KOH son aquellos de alto contenido en carbono y bajo contenido en volátiles, como los coques de petróleo, carbones minerales de alto rango, carbonizados. (Bansal, Donnet, y Stoeckli, 1988).

Figura N°6: Diagrama de activación química del carbón



Fuente: Rodríguez R (2006)

II.3.1.4. Uso del carbón activado

Los primeros usos de estos primitivos carbones activos, generalmente preparados a partir de madera carbonizada (carbón vegetal), parecen haber tenido aplicaciones médicas, así, en Tebas (Grecia) se halló un papiro que data del año 1550 a.C. en el que se describe el uso de carbón vegetal como adsorbente para determinadas prácticas médicas. Con posterioridad, en el año 400 a.C., Hipócrates recomienda filtrar el agua con carbón vegetal para eliminar malos olores y sabores y para prevenir enfermedades. En relación al tratamiento del agua con carbón activo, se sabe que, en



los barcos fenicios, año 450 a.C., se almacenaba el agua para beber en barriles con la madera parcialmente carbonizada por su cara interna. Esta práctica se continuó hasta el siglo XVIII como medio para prolongar el suministro de agua en los viajes transoceánicos.

La primera aplicación documentada del uso de carbón activo en fase gas no tiene lugar hasta el año 1793, cuando el Dr. D. M. Kehl utiliza el carbón vegetal para mitigar los olores emanados por la gangrena. El mismo doctor también recomienda filtrar el agua con carbón vegetal.

La primera aplicación industrial del carbón activo tuvo lugar en 1794, en Inglaterra, utilizándose como agente decolorante en la industria del azúcar. Esta aplicación permaneció en secreto durante 18 años hasta que en 1812 apareció la primera patente. En 1854 tiene lugar la primera aplicación a gran escala del carbón activo en fase gas, cuando el alcalde de Londres ordena instalar filtros de carbón vegetal en los sistemas de ventilación de las cloacas. En 1872 aparecen las primeras máscaras con filtros de carbón activo utilizadas en la industria química para evitar la inhalación de vapores de mercurio.

En 1901 patentó dos métodos diferentes para producir carbón activo. El primero consistía en la carbonización de materiales lignocelulósicos con cloruros de metales; lo cual resultó la base de lo que hoy en día es la activación química. En el segundo, proponía una gasificación suave de materiales previamente carbonizados con vapor de agua o CO_2 , es decir, una activación física, o más correctamente térmica desde los años 30 se usó para eliminar el sabor y olor del agua, y desde entonces hasta nuestros días el carbón activo se ha utilizado de manera extensiva en muchas industrias, para eliminar o recuperar compuestos orgánicos como tintes o disolventes de las aguas o purificar el aire, así como en las plantas potabilizadoras, donde se usan los lechos de carbón activo para la depuración del agua de suministro urbano.



En la actualidad está ampliamente implantado el empleo de carbón activo en diversos campos de la industria tales como la industria de los azúcares, la industria química, la industria farmacéutica, entre otros. Además, se está incrementando su uso cada vez más en el tratamiento de aguas residuales, potables y en procesos industriales, ya que, el carbón activo, es la sustancia adsorbente por excelencia. Esta elevada capacidad de adsorción de diversas sustancias, junto con la gran facilidad y rapidez de eliminación del medio tratado y la posibilidad de, una vez agotado, ser regenerado para su reutilización, permite un tratamiento eficaz y barato en múltiples aplicaciones, en muchas de las cuales es un producto insustituible.

II.3.1.4.1. Uso del carbón activado en tratamientos de agua

La adsorción sobre carbón activo, es un método de tratamiento avanzado de agua residual que se emplea para la eliminación tanto de compuestos orgánicos refractarios, como de las concentraciones residuales de compuestos inorgánicos como nitrógenos, sulfuros y metales pesados. Normalmente las aguas por encima de los lechos de carbón activo se disponen filtros de medio granular, con el objeto de eliminar la materia orgánica soluble asociada a los sólidos suspendidos presentes en efluentes secundarios. Las elevadas concentraciones de sólidos suspendidos en el efluente provocan la aparición de depósitos en los granos de carbón, lo cual causa pérdidas de presión, canalización y obstrucción del flujo, y pérdida de capacidad de adsorción. Si la eliminación de la materia orgánica soluble no se mantiene a límites bajos, puede ser necesario aumentar la frecuencia del proceso de regeneración del carbón. La variabilidad en las condiciones de pH, temperatura y caudal también pueden afectar al rendimiento del carbón activado.

El carbón activado tiene capacidad para lograr estados de equilibrio tales, que la concentración de los compuestos absorbibles en el agua llegue a niveles indetectables por los métodos de análisis comunes. Todo esto, aunado al hecho de que las fuentes de abastecimiento de agua potable normalmente tienen cantidades relativamente



pequeñas de materia orgánica, hace del carbón activado la mejor alternativa técnica y económica para su control.

En relación al control de microorganismos, existen diversos métodos, como la cloración, la ultrafiltración, la ozonización, el calor y la radiación ultravioleta. Los más utilizados son la cloración y la radiación ultravioleta. En el caso de la cloración se utiliza carbón activado granular para eliminar el cloro residual.

II.3.1.4.1.1. Decoloración del agua por medio de carbón activado.

Se ha sabido por muchos años que el carbón activado es un material efectivo para decolorar el agua. El cloro y sus compuestos activos oxidantes de cloro son capaces de ser químicamente reducidos por el carbón activado, el cloro libre primario y los compuestos combinados de cloro (derivados del amoníaco). El cloro libre como cloro molecular es un gas bajo temperatura y presión ambiental, al ser burbujeado en el agua, reacciona (se hidroliza) casi inmediatamente para formar ácido hipocloroso. El HOCl puede también disociarse del agua, dependiendo del pH, para formar ión de hipoclorito, mientras más alto es el pH (más ión de hidróxido, OH⁻) más hipoclorito se forma.

II.3.2. Coco (coccus)

El coco es un fruto redondo y alargado de carne blanca fibrosa y aceitosa cubierta por un cascara dura, de color marrón. El mismo tiene una envuelta fibrosa, una carne blanca dentro que tiene por nombre copra y cuando el fruto se encuentra tierno, un líquido lechoso que se suele utilizar como alimento básico de algunas zonas. Existe un uso predominante del coco en la producción de la copra la medula deseada del coco de donde se obtiene aceite, los residuos que quedan de la obtención de copra se usan para pasto animal.

El cocotero, una gran palmera habitual en los grandes espacios de Asia y África, árbol de la de las Palmáceas (Palmaceae), especie (Cocos nucifera). Una palmácea de



climas tropicales que puede llegar a vivir más de 100 años, siendo en la actualidad la especie de palmera más cultivada a nivel mundial. El árbol puede llegar a medir hasta 30 m de altura, marcado por numerosos anillos que señalan la posición de las hojas que ha ido perdiendo. El fruto cuelga en racimos de 10 a 20 nueces o más; en cada árbol puede haber, según la época, 10 o 12 de estos racimos.

Figura N°7: Cocos (coccus)



Fuente: Prade, J (2007)

II.3.2.1. Tipos de coco

Los tipos de cocos se clasifican en tres grupos: gigantes, enanos e híbridos.

II.3.2.1.1. Gigantes: Comercializados para el consumo en fresco debido a su gran tamaño y la obtención de aceite de coco (excelente porcentaje de copra o pulpa despedazada y seca). El agua de su interior presenta un sabor poco dulzón. Algunas de sus variedades son: Gigante de Renell (GRL) de Tahití, Gigante del Oeste Africano (GOA) de Costa de Marfil, Gigante de Malasia (GML) o Alto de Jamaica.

Figura N°9: Coco gigantes



Fuente: Beira Mar, Grill (2018)

II.3.2.1.2. Enanos: Su agua muestra un excelente sabor por lo que es utilizado para la elaboración de bebidas. Entre sus variedades destacan Verde de Brasil (AVEB) de Río Grande del Norte, Naranja Enana de la India y Amarillo de Malasia (AAM).

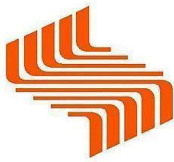
Figura N°10: Cocos enanos



Fuente: Dreamstime (2020)

II.3.2.1.3. Híbridos: Nacen del cruce del coco gigante y enano, con frutos medianos-grandes, que aúnan las características de los anteriores. El ejemplar con una mayor superficie de cultivo es MAPAN VIC 14. Su sabor es exquisito y la copra de buena calidad y abundante.

Figura N°11: Cocos híbridos



Fuente: wetzlmayr, R (2009)

II.3.2.2. Cascara de coco

De acuerdo a García, O. (2011), “es una fruta tropical obtenida del cocotero (cocos nucifera). La cascara 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”. Falcón es históricamente el primer productor de coco en Venezuela, sin embargo, para el 2011 se registró un descenso del 60% de la producción, informo la Asociación de productores de coco y copra del estado Falcón (Asococo).

Figura N°8: Cascara de coco



Fuente: Prade, J (2007)

II.3.2.2.1. Propiedades de la cascara de coco

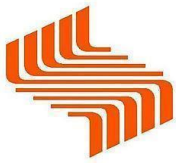


La cáscara del coco representa un 85% del peso de la fruta y su composición es la siguiente: 33,30% lignina, 30,58% de celulosa, 26,70% hemicelulosa, 8,86% de agua y 0,56% de ceniza

Desconocer las principales propiedades de la cáscara de coco, conlleva a no darle una valorización correcta a esta materia prima. Conocer las propiedades mecánicas (capacidades de esfuerzos y dureza), propiedades físicas (densidad y porosidad) y propiedades térmicas (poder calorífico y conductividad térmica) permite tener un panorama más amplio sobre sus posibles aplicaciones

II.3.3. Arroz (*oryza sativa*)

Se estima que el origen geográfico es el estado de Oryza en el noreste de India, sobre las laderas del Himalaya. Esta hipótesis está apoyada por la presencia y conservación de la variabilidad genética existente en la zona, debido a la diseminación de cruzamientos y favorecido por el aislamiento de dichas condiciones ambientales. Según Acevedo et al. (2006), la dispersión del arroz en el mundo se inició desde el sureste asiático (India) hacia China, 3000 años antes de Cristo (A.C). De allí fue llevado a Corea y posteriormente al Japón, en el siglo I A.C. También de la India fue llevado para las islas del Océano Indico, principalmente Indonesia y Sri Lanka, en la misma época. Generalmente los cultivos domesticados en el Oriente de Asia fueron difundidos al Occidente en épocas relativamente recientes. Los comerciantes árabes fueron los primeros en llevar el arroz del este de Asia a Medio Oriente, cerca del siglo IX A.C. Simultáneamente en esta época fue llevado hacia Egipto y otros países de África, donde sólo se cultivaba *O. glaberrima*. La introducción del arroz a Europa Occidental ocurrió aproximadamente 320 A.C., mientras que en América se produjo en la época poscolombina, siendo traído por los colonizadores españoles, portugueses y holandeses. El arroz, acompañó la civilización y fue el alimento de mayor número de personas en toda la historia. El mestizaje cultural en torno al arroz ha sido muy importante. Aunque se reconoce la existencia de varias teorías, la más aceptada es la propuesta por Chang (1976) la cual



reconoce un ancestro común en Gondwana del que a su vez derivan dos especies perennes *Oryza rufipogon* en Asia y *O. barthii* en África de las que derivan las cultivadas *O. sativa*, mucho más difundida en todo el mundo, y *O. glaberrima*, confinada a su lugar de origen (África).

Figura N°12: Planta de arroz (*oryza zativa*)



Fuente: Juventud, R (2017)

II.3.3.1. Tipos de Arroz según su forma

El doctor Sergio R. Othón Serna Saldívar comenta que según su variedad botánica o de origen se encuentran dos tipos de arroz índicos (granos largos, finos y firmes) o japónicos (granos gruesos y firmes). Los tipos de arroz más conocidos en el mercado alimenticio son los siguientes:

- **Largo:** Son granos que, en la forma palay miden de 8.9 a 9.6 mm de largo, por 2.3 a 2.5 mm de ancho. Generalmente poseen endospermo normal; es decir, con 25 por ciento de amilosa y 75 por ciento de amilopectina.
- **Medio:** Son granos que en la forma palay miden 7.9 a 8.2 mm de largo, por 3.0 a 3.2 mm de ancho. Poseen menos amilosa (15-20 por ciento) que los arroces largos. Absorben más agua durante el cocimiento y son más pegajosos que los arroces largos.



- **Corto:** Son granos que en la forma palay miden de 7.4 a 7.5 mm de largo, por 3.1 a 3.6 mm de ancho. Poseen menos amilosa (18-20 por ciento) que los arroces largos. Absorben más agua durante el cocimiento.

II.3.3.2. Cascarilla de Arroz

Según Vargas y Alvarado (2013) “la cascarilla de arroz es un subproducto generado del proceso de molienda del grano de arroz proveniente de los campos de cultivo”. La cascarilla de arroz, por medios biológicos, se dificulta dado el alto contenido de silicio (cerca del 17 %), elemento que la convierte en un material de muy baja degradabilidad. En trabajos prácticos se ha demostrado que muy pocos organismos vivos se nutren de ella (Cortes 1999) y por tanto persiste y se acumula en el ambiente natural.

La producción mundial de arroz en el año 2015 ha sido aproximadamente 491 millones de toneladas, de las cuales la cascarilla representa entre 20 y 25 % de la producción total de arroz; se estima su cantidad en aproximadamente 123 millones de toneladas (FAO, 2016). La producción de arroz mecanizado en Colombia es de aproximadamente 1.558.044 toneladas, de las cuales 389.511 corresponden a cascarilla (DANE, 2015); estas son cantidades apreciables de desechos que se producen a nivel nacional y que deben ser aprovechados eficientemente para reducir la contaminación por este residuo. La cascarilla de arroz es un tejido vegetal lignocelulósico constituido por un 85 % de material orgánico, representado por celulosa, lignina, D-xilosa y pequeñas cantidades de D- galactosa (Krishnarao, Subrahmanyam y Kumar, 2001).

Figura N°13: Cascarilla de arroz



Fuente: Anzola, H (2017)

II.3.3.2.1. Propiedades de la cascarilla de arroz

Valverde, Sarria, & Monteaguido, (2007) Comentan que la composición química aproximada de la cascara de arroz es: carbono fijo (16,67 %), cenizas (17,89 %) y volátiles (65,47 %). Por otro parte, dentro de las propiedades físicas más relevantes de la cascarilla de arroz se encuentra su baja densidad, por lo cual requiere grandes espacios para su almacenamiento. Además, este material presenta ciertas características fisicoquímicas que dificultan su biodegradación, haciendo que se convierta en un gran contaminante (Prada & Cortés, 2010).

II.3.3.2.2. Uso de la cascarilla de arroz

Usos de la cascarilla de arroz. Las aplicaciones que se vienen identificando permiten, usos potenciales para reincorporarla al sistema productivo como materia prima en procesos de los cuales se han documentado los siguientes:

- a) Cama de avicultura, porcicultura y en transporte de ganado.
- b) Obtención de etanol por vía fermentativa
- c) Tostado para su uso como sustrato en el cultivo de flores.
- d) Generación de energía de la biomasa (ladrilleras, secado de arroz y cereales).
- e) Combustión controlada para uso como sustrato en cultivos hidropónicos.



- f) Obtención de concreto, cemento y cerámicas.
- g) Aprovechamiento de cascarilla de arroz en compostaje
- h) lecho filtrante para aguas residuales
- i) Absorbente alternativo y eficiente para la remoción de Cr (VI) en solución
- j) Fuente de sustancias químicas (Carboximetilcelulosa de sodio, dióxido de SiO₂, Nitrito de silicio).30 25 k) Producción de aglomerados (tableros). l) Material aislante en construcción. m) Cenizas en cultivos (frutas). n) Biomasa para combustión. (Piñeros, 2009)

II.3.4. Plátano (musa paradisiaca)

El plátano (*Musa paradisiaca*) es uno de los cultivos más importantes en la agricultura mexicana, ocupa el segundo lugar de la producción en frutas tropicales, porque es básico en la alimentación, su precio bajo, sabor agradable, disponibilidad todo el año, combinaciones múltiples en la preparación de alimentos, genera sensación de saciedad, su valor nutritivo es alto y aporta potasio, hierro y vitamina K (COVECA, 2010).

Los principales estados productores de plátano en México son Chiapas, Tabasco, Veracruz Colima y Jalisco, y en conjunto en 2009 aportaron 84.6 % de la producción (SIACON y SIAP, 2011). Esta es una fuente importante de empleos, con aproximadamente 5000 productores en esos estados y en Michoacán, Oaxaca, Nayarit, Puebla y Guerrero. Debido a la importancia económica y social de la producción de plátano en México, se requiere conocer el funcionamiento del mercado de esta fruta, identificar los factores que influyen en la oferta y la demanda y los mecanismos de transmisión de precios en los niveles distintos de mercado, incluidos los precios de exportación. La hipótesis fue que el principal factor que determina la



producción es la superficie cosechada, y la demanda la define principalmente el ingreso per cápita.

El plátano, es una planta frutal de gran importancia alimenticia, económica y sociocultural, del género *Musa* perteneciente a la familia de las musáceas, ampliamente cultivada en las regiones tropicales del mundo. El plátano ocupa el cuarto lugar en los alimentos después del arroz, el trigo y maíz (Lassoudiere 2007). El cultivo del plátano a escala mundial en cuanto a área cultivada se estimaba en 5,029997 ha y 30,471 870 t/anuales, de las cuales el 73% están concentradas en países del África, Costa un 3% en el Asia y el 25% en América Latina y Caribe (7,008530 t), en donde Colombia, Rica, Ecuador, Panamá, Perú y Venezuela eran los principales productores (FAO 2002).

Figura N°14: Plátano (*musa paradisiaca*)



Fuente: Linda Xiao (2010)

II.3.4.1. Tipos de plátano:

(Lassoudiere 2007) menciona tres principales tipos de plátano los cuales son estudiados dependiendo de su origen de cultivo:



II.3.4.1.1. Plátano Tipo Cuerno: El racimo se caracteriza por tener pocos frutos (Promedio 20-30 dedos) pero de gran tamaño (Valores promedio de 30 cm de longitud y 4,5 cm de diámetro). El eje floral masculino no es persistente

II.3.4.1.2. Plátano Tipo Francés: Existen varios tipos que difieren básicamente en el color del pseudotallo; verde, morado, negro y verde moteado con manchas oscuras. Poseen eje floral masculino persistente. El racimo se caracteriza por tener muchos frutos (Ochenta en promedio 80), de tamaño pequeño (Valores promedio de 24 cm de longitud y 3,5 cm de diámetro).

II.3.4.1.3. Plátano Tipo Falso Cuerno: Poseen características intermedias entre los clones macho y hembra, en lo que respecta al número de manos y de frutos, así como un eje floral masculino semi-persistente. El racimo se caracteriza por tener una cantidad intermedia frutos (56 dedos en promedio), de tamaño intermedio (Valores promedio de 26 cm de longitud y 4 cm de diámetro).

II.3.4.2. Propiedades funcionales del plátano

La pulpa de plátano contiene diversas propiedades, como lo han demostrado estudios realizados sobre este. De manera general, la pulpa de plátano es una excelente fuente de potasio. El potasio se puede encontrar en una variedad de frutas, verduras o incluso carnes, sin embargo, un solo plátano puede proporcionar hasta el 23% de potasio que se necesita al día.¹ El potasio beneficia a los músculos, ya que ayuda a mantener su buen funcionamiento y evita los espasmos musculares. Además, estudios recientes muestran que el potasio puede ayudar a disminuir la presión arterial y también reduce el riesgo de accidentes cerebrovasculares.¹ El plátano es rico en vitaminas A, B, C y D, dando beneficios especialmente a los huesos y músculos del cuerpo humano. Ya que uno solo de estos frutos.

II.3.4.3. Cascara de plátano:



Kudan en 1962 reportó que la cáscara en conjunto con otras sustancias crea un ungüento para reducir los dolores causados por la artritis. Además, se considera que la cáscara de plátano puede ser una fuente potencial de sustancias antioxidantes y antimicrobianas, así como compuestos fotoquímicos con actividad contra radicales libres. Varios autores han analizado el efecto de los compuestos antioxidantes presentes en cáscara de plátano, para identificar el efecto sobre los radicales libres los cuales se producen continuamente en nuestro organismo.

La cáscara de plátano se considera una fuente natural de compuestos antioxidantes para la elaboración de alimentos funcionales con efecto en contra de enfermedades del corazón, así como el cáncer. Actualmente los estudios se han focalizado en el aislamiento, caracterización y utilización de antioxidantes naturales, la mayoría de los compuestos antioxidantes presentes en frutas y verduras provienen de compuestos como la vitamina C, vitamina E y β -caroteno; el plátano es uno de los frutos más consumidos a nivel mundial y se sabe que su pulpa, así como su cáscara contienen varios antioxidantes como la galocatequina y la dopamina. ²¹ El contenido total de compuestos fenólicos en la cáscara de plátano (*Musa acuminata* Colla AAA) varía de 0.9 a 3 g/100 g en base seca. Someya, Yoshiki & Okubo en el año 2002 identificaron la galocatequina en concentraciones de 160 mg/100 g en base seca, siendo este compuesto al que se le relaciona la capacidad antioxidante de la cáscara.

Figura N°15: Cascara de plátano



Fuente: Alamy, E (2018)

II.3.4.3.1. Uso de la cascara de plátano



La extracción asistida por homogeneizador (HAE) se puede emplear en la extracción segura, rápida y de bajo impacto ambiental de compuestos antioxidantes a partir de material vegetal. El extracto de cáscara de plátano obtenido en condiciones óptimas presenta un alto potencial, por ejemplo, se puede aplicar como conservantes en alimentos y bebidas, además de otros usos en las industrias farmacéutica y cosmética. La cáscara de plátano es un material vegetal barato y disponible durante todo el año; por lo tanto, es una excelente materia prima para la extracción de compuestos naturales.

El uso de cáscara de plátano para obtener extractos antioxidantes es una alternativa práctica para aumentar el valor de este subproducto. Las cáscaras de plátano se pueden considerar como una fuente renovable y de bajo costo de compuestos antioxidantes (Pereira, et al., 2017)

La pulpa y la cáscara del plátano se pueden usar como fuentes naturales de antioxidantes y Provitamina A debido a su contenido en carotenoides, compuestos fenólicos y aminas, el plátano se usa ampliamente debido a sus valores nutricionales. En el pasado, hay estudios que muestran partes de la planta de plátano, y sus frutos que se pueden usar para tratar enfermedades humanas. La cáscara del plátano es una parte de la fruta del plátano que también tiene actividad antibacteriana contra los microorganismos, pero no se ha estudiado de forma exhaustiva (Kapadia, et al., 2015).

II.3.4.3.2. Propiedades de la cascara de plátano

Duque (2014) detalla la composición de la cáscara de plátano e indica la cantidad de almidón (5,23 %), azúcares (0,71 %), grasas (0,49 %) y pectina (3,71 %) valores generalizados de la cáscara de plátano en estado verde, la cual permite evaluar la cantidad y potencial que puede tener el aprovechamiento del material lignocelulósico. El principal subproducto del plátano es la cáscara la cual representa aproximadamente el 30% del peso del fruto; las aplicaciones potenciales para la



cáscara de plátano dependen de su composición química. Igualmente es rica en fibra dietética, proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos polinsaturados y potasio; entre los esfuerzos para utilizar la cáscara se han obtenido proteínas, metanol, etanol, pectinas y enzimas.

II.3.5. Aguas de producción

Con la explotación, tanto el agua de formación (agua presente inicialmente en la formación geológica, que yace debajo de la capa de hidrocarburos) como el agua inyectada, se bombean fuera del pozo en forma de mezcla petróleo/agua, la cual se separa para dar lugar a hidrocarburo y agua producida (aguas residuales provenientes del proceso de extracción del petróleo) Vival Water Technologies, (2019).

Las operaciones de perforación de un pozo petrolero generan grandes cantidades de aguas contaminadas; por lo menos 3 barriles de agua son producidos por cada barril de petróleo crudo, cifra que puede alcanzar los 10 barriles de agua en campos maduros (Cepeda P. & Martínez L., 2017), ya que a medida que el nivel de crudo descende en el yacimiento con la extracción, la cantidad de agua inyectada aumenta para llenar el vacío. Estas aguas requieren métodos de tratamiento económicos y ecológicamente amigables para que puedan ser reutilizados o eliminados de forma segura (Vival Water Technologies, 2019).

Las propiedades físicas y químicas del agua producida varían considerablemente dependiendo de la ubicación geográfica del campo; las propiedades y el volumen varían a lo largo de la vida útil del reservorio (Martínez D., 2013).

Figura N° 16: Aguas de producción



Fuente: Garrison, J (2015)

II.3.5.1. Principales componentes de las aguas de producción

Los principales componentes de las aguas de producción y sus impactos (Ruiz, 2007) son los siguientes:

II.3.5.1.1. Sales: Las sales y metales presentes dependerán de los suelos y pozos de producción. Las de cianuro pueden producir muerte inmediata y, dependiendo de la concentración, dolores de cabeza intensos, sabor amargo y pérdida del olfato y el gusto, mareos y vómitos, dificultad respiratoria, angustia, convulsiones, pérdida de conocimiento. Otros derivados son muy irritantes de piel, ojos y vías respiratorias.

II.3.5.1.2. Gases: Disminuyen la posibilidad de vida de los peces en el agua, lo que aumentará la desnutrición de la población de la zona. Los principales gases son: monóxido de carbono, dióxido de carbono y ácido sulfhídrico.

II.3.5.1.3. Metales pesados: Se acumulan en peces y moluscos y pasan a la cadena alimenticia; al consumirlos se acumulan y pueden producir intoxicación crónica. Los principales metales pesados son: Bario, Mercurio, Arsénico, Selenio, Antimonio, Cromo, Cadmio, Cobalto, Plomo, Manganeso, Vanadio, Zincono, ácido sulfhídrico

II.3.5.1.4. Hidrocarburos Aromáticos: Son muy tóxicos, cancerígenos y productores de malformaciones. Los principales hidrocarburos aromáticos presente en las aguas residuales son: Benceno, Xileno, Tolueno.



II.3.5.1.5. Hidrocarburos policíclicos: Son fuertemente irritantes de la piel, pueden producir cáncer de piel, de testículos y de pulmones. Los hidrocarburos policíclicos son principalmente: Antraceno, Pireno, Fenantreno, Benzopirenos.

Debido a las condiciones de la industria, las características de las aguas residuales de la industria petrolera, son similares a las características del agua de producción, sin embargo se recomienda tener en cuenta parámetros como fenoles, amoniaco, sulfuros, estas características pueden variar dependiendo de las características del pozo.

II.3.5.2. Tratamientos de aguas residuales

El contenido de metales pesados, compuestos orgánicos y sólidos disueltos del agua de producción se puede reducir a través de diversos métodos biológicos, físicos y químicos. En las instalaciones de extracción debido a las limitaciones de espacio, se prefieren las tecnologías compactas de tratamiento físico y químico. Sin embargo, el costo de métodos físicos y químicos es alto, por esto su aplicación es limitada. En Fakhru'l-Razi, A., et al. (2009). Entre algunos tratamientos utilizados se encuentran:

II.3.5.2.1. Tratamiento Físico: Ramalho, R. S.; Jiménez Beltrán, D., y de Lora. Fe. Son procesos que buscan eliminar las partículas sólidas en suspensión que acompañan al agua residual de tamaño grande y mediano, así como los aceites, las grasas y materia orgánica, reduciendo en gran cantidad la carga contaminante en las aguas residuales con sistemas de filtros, rejillas, separadores, coagulación, floculación y desarenador. El objetivo es realizar estos tratamientos para poder facilitar y ser más riguroso en los tratamientos que entran en detalle en las aguas residuales, para eliminar las grandes cantidades que pueden presentarse como obstáculos para los otros tratamientos

II.3.5.2.1.1. Filtración por membranas: Las membranas son películas delgadas de materiales sintéticos orgánicos e inorgánicos que separan selectivamente un fluido a partir de sus componentes en función de su tamaño



molecular y sus cargas Fakhru'l-Razi, A., et al. (2009). Mediante membranas semipermeables, con diámetro de poro definido y distribución homogénea.

II.3.5.2.2. Tratamiento químico: Son procesos que tienen características químicas, se refieren a la concentración de minerales presentes en el agua y que son perjudiciales para el hombre, para este proceso se aplican los siguientes tratamientos:

II.3.5.2.2.1. Neutralización: la neutralización es una tecnología utilizada en aguas residuales para ajustar el valor de pH. Por lo general se realiza después de procesos como la precipitación y la floculación. Con el fin de neutralizar aguas residuales industriales, usualmente se añaden ácidos o bases según necesidad.

II.3.5.2.2.2. Oxidación húmeda: Este tipo de oxidación es realizada en fase acuosa en presencia de aire u oxígeno a presión y temperatura alta (20 bar a 200 bar, 150 °C a 350 °C). Las condiciones dependen de la naturaleza del compuesto a tratar y tiene un porcentaje de remoción del 75 al 90 % de DQO. Entre los compuestos que han sido catalogados como fácilmente oxidables vía húmeda se encuentran los cloruros alifáticos, hidrocarburos alifáticos y aromáticos, que no contienen grupos funcionales halogenados, tales como fenoles o anilinas. Rodríguez, M. (2003).

II.3.5.3. Características de las aguas residuales

II.3.5.3.1. Características Físicas

Toda agua residual viene cargada con una inmensa variedad de contaminantes muchos de ellos dependen del origen de la misma que estos pueden ser de hogares, instituciones, oficinas e industrias, es por esto que surge la necesidad de investigar aquellas características que permitan establecer métodos de tratamiento para la depuración del agua residual (López et al., 2017)

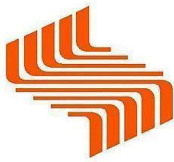


- **Color:** Este parámetro difiere mucho dependiendo del origen del agua residual principalmente cuando se trata de descargas provenientes de industrias. Zambrano, (2009) menciona lo siguiente:
En primera instancia el agua residual toma un color gris, sin embargo, cuando las condiciones hacen que la presencia de oxígeno desaparezca esta agua va adquiriendo un color más oscuro hasta finalmente llegar a negra. Este color gris o negro por lo general se debe a la formación de sulfuros metálicos.
- **Olor:** La presencia de olor en aguas residuales se debe frecuentemente a la descomposición de materia orgánica, proceso en el cual se libera gases como el sulfuro de hidrógeno (H_2S) producido por los microorganismos anaerobios que reducen los sulfatos a sulfitos y que se describe como un olor muy desagradable, es importante mencionar que en el caso de las aguas industriales la causa de la presencia de olores puede deberse a diferentes fuentes. Una sustancia de olor ofensivo es aquella que, por sus propiedades organolépticas, composición y tiempo de exposición, puede causar efectos desagradables y generar una respuesta. (Hernández et al., 2012, p.)
- **Sólidos Suspendidos:** “Son los responsables del desarrollo de depósitos de fango y condiciones anaerobias, pueden ser removidos por medios físicos o mecánicos a través de proceso de filtración o de sedimentación” (Zambrano, 2009, p.)
- **Sólidos Totales:** “Los sólidos totales son la materia que se obtiene luego de que el agua ha sido sometida a evaporación ($103\text{ }^{\circ}C$ - $105\text{ }^{\circ}C$)” (Metcalf y Eddy, 1995)
- **Temperatura:** “La temperatura dentro del agua residual oscila entre 10 a $30\text{ }^{\circ}C$ ” (Torres, 2020). Y con esta temperatura se logrará un ambiente óptimo para una actividad microbiana buena.
- **Turbidez:** “La causa de este parámetro se debe a la materia en suspensión dentro del agua residual, estas pueden ser arcillas, sílice, partículas inorgánicas, etc.” (Metcalf y Eddy, 1995).



II.3.5.3.2. Características Químicas

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** Se define como “la cantidad de oxígeno necesaria para que los microorganismos aerobios puedan oxidar metabólicamente la materia orgánica presente en la muestra de agua” (Gil, 1998).
- **Dureza:** El origen de la dureza se debe a la carbonatación del agua que en el caso de existir carbonatos presentes en el agua estos pueden precipitarse al hervir el agua, por ello posee el nombre de “dureza no permanente o temporal”, y en el caso de no existir carbonatos, la dureza del agua se debe principalmente a los nitratos, sulfatos y cloruros de magnesio y calcio (Muñoz, 2008).
- **Compuestos Nitrogenados:** Este compuesto promueve el crecimiento y desarrollo tanto de plantas y animales. Los compuestos que poseen mayor importancia dentro del grupo de compuestos son el nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos y el nitrógeno orgánico. “El incremento del contenido de nitrógeno amoniacal en el agua indica la presencia de contaminación por aguas residuales” (Romero, 1999).
- **Grasas y Aceites:** Las grasas y aceites son compuestos orgánicos cuya composición principal es de ácidos grasos de origen animal y vegetal, al igual que hidrocarburos de petróleo. Uno de los principales inconvenientes con este tipo de contaminante es a causa de su baja densidad por ello tienen poca solubilidad en el agua, logrando que su nivel de biodegradabilidad descienda drásticamente, incluso pudiendo llegar a formar capas en forma de “nata” que cubre la superficie del agua impidiendo a su vez el intercambio de oxígeno y debilitando el paso de la luz solar. (Toapanta, 2019).
- **Fenoles:** Son sustancias moleculares que tienen como características en su estructura anillos aromáticos unidos a grupos hidroxilo y por su variedad estructural existen diferentes grupos fenólicos. Además, forman una parte esencial en la dieta humana y se encuentran en diferentes partes de las plantas



como raíces, tallos, hojas y frutos. Actualmente forman parte de productos biotecnológicos que previenen la propagación de enfermedades cancerígenas, estrés oxidativo, entre otros. Los fenoles, al igual que otros compuestos orgánicos traza, son importantes en la determinación de la calidad de un agua residual. Se producen principalmente por actividades industriales ya que constituye materias primas o productos intermedios en sectores petroquímicos, químicos y farmacéuticos, y son así mismo productos de degradación oxidativa de hidrocarburos aromáticos de mayor peso molecular. Por este motivo el fenol es posiblemente el compuesto modelo más empleado para el desarrollo de nuevos procesos de depuración de aguas.

- **Cloruros:** En altos niveles de concentración es un indicador de que el agua ha sido contaminada debido a factores antropogénicos, ya que este ion es usado como un agente bactericida entre otros, para que el agua sea apta para consumo humano. Es importante mencionar que, si es posible su existencia de manera natural a causa de los elementos liberados durante su recorrido por ríos, lagunas, entre otros. El cloro puede producir efectos adversos como el de intensificar el sabor y olor característicos de fenoles y otros compuestos orgánicos, la formación de compuestos organoclorados que son potencialmente carcinógenos” (Aguilar, 1987, p. 3).
- **Nitratos:** El nitrato de amonio con formula molecular NH_4NO_3 es una sal simple compuesta por iones de amonio y iones de nitrato, se trata de un compuesto higroscópico incoloro, es decir, que tiene la capacidad de absorber la humedad en el aire formando una pasta pegajosa, la misma que se endurece al perder humedad implicando en el almacenamiento un mayor cuidado. El nitrato de amonio es un producto no inflamable pero su descomposición se produce de manera explosiva; la síntesis de nitrato de amonio se realiza a través de una reacción exotérmica, instantánea e irreversible de neutralización entre el ácido nítrico y el amoníaco. Debido a las características propias de este compuesto, se registra un considerable número de accidentes con pérdidas de vida y lesiones graves en lugares donde se produce, almacena o



transporta nitrato de amonio, razón por la cual su producción se debe realizar bajo estricto control (García, 2017).

- **Nitritos:** Los nitritos pueden dar lugar a numerosas reacciones debido a las condiciones el medio. Así como el pH ácido da lugar a que los nitritos pasen a ácido nitroso (HNO), el cual puede reaccionar con ácidos orgánicos, grasa, fenoles, aminoácidos, péptidos, aditivos alimentarios, pigmentos, productos reductores, grupos hidroxilo (OH) o sulfhídrido (SH), aminas. (Lozano, 2014).

II.3.6. Método de Mohr

“Este método es utilizado en valoraciones - titulaciones de cloruros y bromuros con plata, en este método se usa como indicador al cromato de potasio; la formación de Ag_2CrO_4 es de color rojo ladrillo, que nos indica el punto final de la valoración” (Skoog, Wess, Holler y Crouch, 2001). Durante la valoración, las condiciones deben darse de tal manera que el cloruro precipite cuantitativamente como cloruro de plata antes que se consiga formar el precipitado de Ag_2CrO_4 . Por otra parte, “el indicador que se usa para este método debe ser muy sensible como para lograr un cambio de color que se aprecie nítidamente con una pequeña porción de plata, para este caso, el cromato de potasio es la elección adecuada” (Gary, D. 2009). Dado que este compuesto debe precipitar, la hidrólisis de ión cromato debe evitarse, así como la formación del Ag_2O durante el análisis (Fischer y Peters, 1971). No es aplicable a la determinación del yoduro o los sulfocianuros, pues en estos casos, el punto final resulta bastante difícil de observar, debido a los fenómenos de adsorción que tiene lugar en dichos procesos

II.3.7. Fenol por aminoantipyrine

El método 4-aminoantipirina, es el establecido como método estándar para la cuantificación de fenoles totales en muestras ambientales; se caracteriza como un método rápido y sencillo, ya que no requiere de instrumental sofisticado. Su validación conducirá a la obtención de resultados precisos y exactos, con un alto



grado de seguridad dentro de las especificaciones y atributos de calidad previamente establecidos. La química a microescala ha demostrado su gran utilidad en la práctica experimental de la química general y sintética tanto orgánica como inorgánica, en cambio, en la química analítica no ha sido desarrollada al mismo ritmo, ya que la instrumentación para el trabajo analítico con cantidades de muestras pequeñas y adecuada exactitud y precisión tiene, por lo general, altos costos de adquisición y mantenimiento, cuestión que limita su uso en la investigación formal; no obstante, dadas las ventajas que deriva el trabajo a escala micro, en ocasiones es ventajoso su uso, fundamentalmente cuando se trabaja con reactivos altamente tóxicos y de elevado costo económico. Por tanto, la certificación de laboratorios competentes no tiene funcionalidad con procedimientos analíticos no validados, siendo un prerrequisito para los laboratorios trabajar en la validación interna de métodos, según lo establecido en las normativas vigentes. Los compuestos fenólicos reaccionan con 4-AAP en solución alcalina en presencia de ferrocianuro para producir un producto de reacción rojo. Con este método se detectan fenol, meta- y fenoles orto-sustituidos, y algunos fenoles para-sustituidos, en condiciones de pH apropiadas. El método es aplicable al monitoreo de compuestos fenólicos en aguas residuales. Los resultados se expresan en ppm (mg/L) de fenol.

II.3.8. Método 4500-NO₂-B

Este método es aplicable a aguas residuales, efluentes y aguas contaminadas.

El método 4500-NO₂-B, basado en la espectrofotometría uv-visible, para aguas no coloreadas. El ion nitrito se determina por la formación de un colorante azo purpura rojizo, producido a pH 2 o a 2,5 por acoplamiento de sulfamida diazotizada con clorhidrato de N-(1 naftil) -etilendiamina (diclorhidrato de NED) para concentraciones de nitrito entre 0,084 y 0,657 mg/l.



II.3.9. Método 4500-NO₃-B

El método 4500-NO₃ B, incluye un método de prueba para la determinación de nitrógeno nitrato / nitrato, ha sido desarrollado dentro del alcance del Índice Nacional de Métodos Ambientales (NEMI), que crea una base de datos que contiene métodos ambientales, protocolos, estadísticas y métodos y procedimientos analíticos y desarrolla métodos estándar. El método 4500-NO₃ B incluye una técnica de luz ultravioleta (UV) que mide la absorbancia de nitrato a 220 nm y se considera adecuado para filtrar agua no contaminada (baja materia orgánica).

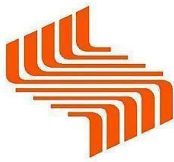


II.3.10. GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Adsorber:** Es un fenómeno físico que implica la difusión de masa en el que uno o más componentes de una mezcla gaseosa se disuelven en un líquido.
- **Adsorción:** Este fenómeno permite que el líquido o gas entren en contacto con un sólido adsorbente y se adhieran a la superficie del mismo.
- **Absorción:** En la absorción es un proceso que separa los componentes de un gas a partir de la inclusión de un solvente en estado líquido, con el que crea una solución
- **Carbón:** El carbón es un combustible fósil, resultado final de una serie de transformaciones sobre restos vegetales acumulados en lugares pantanosos, lagunas y deltas fluviales, principalmente durante el período carbonífero de la Era primaria. Roca sedimentaria de color negro muy rica en carbono, también se refiere a la materia sólida, ligera, negra y muy combustible.
- **Activación química:** una sustancia deshidratante, que puede ser un ácido, es mezclada con la materia prima y se somete a temperaturas moderadas.
- **Poros:** Un vacío discreto existente en una roca, que puede contener aire, agua, hidrocarburos u otros fluidos. En un cuerpo de roca, el porcentaje de espacio poroso es la porosidad.
- **Filtración:** Se denomina filtración al proceso de separación de partículas sólidas de un líquido utilizando un material poroso llamado filtro. La técnica consiste en verter la mezcla sólido-líquido que se quiere tratar sobre un filtro que permita el paso del líquido pero que retenga las partículas sólidas.
- **Microporos:** Son aquellos poros cuyo diámetro es inferior a 2 nanómetros (menos de 2 mil millonésimas parte de metro).
- **Mesoporo:** Se denomina mesoporo cuando el tamaño del poro esta en 2 y 50 nanómetro.
- **Macroporo:** Es cuando el tamaño del poro sobrepasa los 50 nanómetros.



- **Tratamiento de agua:** Un proceso con operaciones de distintos tipos (físico, químico, físico-químico o biológico) cuyo objetivo es la eliminación y/o reducción de la contaminación o de las características no deseables de las aguas.
- **Propiedades:** Son aquellas características comunes a todos los cuerpos como lo son: Masa, Volumen, Peso, Porosidad, Inercia. Impenetrabilidad, Divisibilidad.
- **Titulación:** Es un procedimiento cuantitativo analítico de la química. Con la titulación puede determinar la concentración desconocida en un líquido.
- **Permeabilidad:** Es la capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que lo atraviese sin alterar su estructura interna.
- **Cloruros:** Compuesto que lleva un átomo de de cloro en un estado de oxidación formal. Por lo tanto corresponden al estado de oxidación más bajo de este elemento ya que tiene completada la capa de valencia con ocho electrones.
- **Desalinización:** Es el proceso por el cual se eliminan las sales minerales disueltas en el agua. En la actualidad, dicho proceso, aplicado al agua del mar, es uno de los más usados para obtener agua dulce para el consumo humano o agrícola.
- **Porosidad:** Es la cantidad de poros que se encuentra en una superficie. Poros viene del latín porus y significa agujero pequeño. Es una fracción del volumen de huecos sobre el volumen total, entre (0 y 1) o como porcentaje entre (0 y 100%)
- **Anión:** Es un ion con carga eléctrica negativa, es decir que gana electrones. Los aniones monoatómicos se describen con un estado de oxidación negativo.
- **Ion:** Partícula cargada eléctricamente construida por un átomo o molécula que no es eléctricamente neutro.
- **Salmuera:** Solución formada por altas concentraciones de cloruro de sodio (NaCl) sal común en agua (H₂O) que se encuentra en condiciones normales.
- **Incineración:** Es una técnica de tratamiento de residuos que permite reducir su volumen, su peso y modificar su composición. Consiste en someter los residuos a un proceso de oxidación a elevada temperatura.
- **Precipitación:** Es la fase del ciclo hidrológico que consiste en la caída de agua desde la atmósfera hacia la superficie terrestre.



- **Concentración:** El término concentración a la cantidad de soluto disuelta en una cantidad dada de disolvente o de solución. Entre mayor sea la cantidad de soluto disuelta más concentrada estará la solución.
- **Reacción:** Los enlaces químicos entre átomos se rompen y se forman nuevos enlaces. En este proceso intervienen dos tipos de sustancias: las que tenemos inicialmente y conocemos como reactivos y las que se obtienen después de la reacción química, llamadas productos.
- **Precipitado:** se refiere a un sólido formado desde una solución, mediante la cristalización de una sustancia disuelta o por la formación de una sustancia insoluble por medio de una reacción química.
- **Ácido:** Es una sustancia que es capaz de liberar iones de hidrógeno H^+ en solución. Una base es una sustancia capaz de disociar iones de hidróxido OH^- en una solución. Es una sustancia que libera iones de hidrógeno H^+ en solución acuosa.
- **Volumen:** corresponde a la medida del espacio que ocupa un cuerpo. La unidad de medida para medir volumen es el metro cubico (m^3), sin embargo generalmente se utiliza el Litro (L). El metro cubico corresponde a medir las dimensiones de un cubo que mide 1 m de largo, 1 m de ancho y 1 m de alto.
- **Indicadores:** Son unidades de medición que permiten evaluar el rendimiento de los procesos internos de la firma, ya sea para medir la rentabilidad, productividad, calidad de servicio, gestión del tiempo, entre otros.
- **Filtrado:** El proceso de separación de partículas sólidas de un líquido utilizando un material poroso llamado filtro.
- **Colorimetría:** En física y química, la colorimetría es una técnica "utilizada para determinar la concentración de compuestos coloreados en solución".
- **Solución:** son mezclas homogéneas de sustancias en iguales o distintos estados de agregación (líquido, sólido o gaseoso), en donde no hay reacción química. La concentración de una solución constituye una de sus principales características
- **Columna cromatográfica:** Es un método de purificación versátil que se utiliza para separar los compuestos en una solución. Una mezcla de solución es llevada



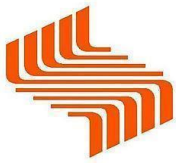
por un disolvente a través de una columna que contiene un adsorbente sólido, llamado la fase estacionaria.

II.3.11. SISTEMA DE VARIABLES

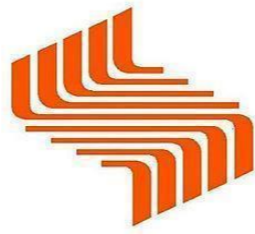
Según Arias (2006) variable “es una característica o cualidad, magnitud o cantidad, que puede sufrir cambios, y que es objeto de análisis, medición manipulación o control en una investigación”. La jerarquía de las variables dentro del protocolo del método hipotético deductivo es fundamental, debido a que a través de ellas se validan los aportes al conocimiento científico. Esto configura a las variables como un eje transversal a todo el proceso de investigación, así pues desde el comienzo el investigador identifica, caracteriza y contextualiza las variables, estas podrán ser objeto análisis y medición con precisión, validez y confiabilidad, de forma que se infiera conclusiones significativas.

Así mismo para Bunge (2004) el concepto de variable “permite discriminar cuidadosamente la diversidad y descubrir y explicar la identidad parcial, sirve tanto para dar razón de la variedad y el cambio como para dar cuenta de los esquemas de variación y cambio”.

- **Variable Independiente:** De acuerdo a Tapia M (2000) son las variables explicativas; o sea los factores susceptibles de explicar las variables dependiente. Para Igartua y Humanes (2004) son las que el investigador utiliza para ver en qué medida cambia la variable dependiente. En este sentido, podemos afirmar que la variable independiente es la materia prima a utilizar (cascaras de arroz, plátano y coco), debido a que la misma es autárquica, por ende servirá para evaluar sus porcentajes de eficiencia, y de esta manera servirá como base para determinar si será o no eficiente como un medio filtrante eficaz para el tratamiento de aguas producidas.



- **Variable Dependiente:** Es aquella cuyo valor depende del valor numérico que adopta la variable independiente en la función. “Una magnitud depende de la forma exclusiva del valor que evidencia la segunda magnitud” (Iguarta y Humanes, 2004). Para efectos del presente trabajo, la variable dependiente es la efectividad del carbón obtenido, el cual será medido por su capacidad de remoción o disminución de valores de los parámetros en un análisis fisicoquímico de una muestra de agua de producción.



II.3.12. MAPA DE VARIABLES

Objetivo General: Dimensionar la eficiencia de filtrado de carbón activado de acuerdo a su

Tabla N°1: MAPA DE VARIABLES

Objetivos Específicos	Variables	Definición Operacional
<p>Elaborar muestras de carbón activado a través de procedimientos de laboratorio, partiendo de la cáscara de coco (coccus), cáscara de plátano (musa paradisiaca) y cascarilla de arroz (oryza sativa) como materia prima</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carbón activado 	<p>Cumplimiento de un conjunto de procedimientos establecidos para producir carbón activado a partir de cáscara de coco, cascarilla de arroz y cáscara de plátano.</p>
<p>Determinar la concentración de cloruros, fenoles, nitratos y nitritos en una muestra contaminada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Concentración de fenoles, cloruros nitratos y nitritos 	<p>Realización de una serie de análisis de laboratorio para la cuantificación de los contaminantes en muestras de agua antes de su posterior filtración a través de columnas de carbón activado.</p>
<p>Estructurar un rango en la eficiencia de carbón activado a base de cáscara de coco, cáscara de plátano y cascarilla de arroz como medio filtrante en aguas residuales de producción</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eficiencia del Carbón activado 	<p>Determinar cuantitativamente la disminución de los parámetros químicos que caracterizan a las aguas petroleras luego de haber sido tratadas con carbón activado.</p>



II.3.13. NORMATIVAS Y ASPECTOS LEGALES

Los fundamentos legales de esta investigación lo encontramos inmerso en un compendio de leyes especiales aplicadas para nuestro ambiente en nuestra nación. Desglosando las bases legales nos encontramos con los artículos de las siguientes leyes:

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA (1999)

GACETA OFICIAL N° 5.453 DE 24-MAR-2000

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”.

El Estado venezolano está en la obligación de conservar y proteger así como de promover el cuidado del ambiente, la diversidad biológica, los procesos ecológicos, parques nacionales y demás áreas de especial importancia ecológica con el fin de impulsar el derecho y deber que tienen las generaciones de mantener para su beneficio y del mundo futuro un ambiente seguro que permita una vida plena; no escapando de esos espacios preservados, todas las aguas son bienes de dominio público de la Nación dado a su carácter insustituible para la vida y el desarrollo, por lo tanto la ley buscará la protección, aprovechamiento y recuperación de las mismas.

LEY ORGÁNICA DEL AMBIENTE (2012) GACETA OFICIAL N° 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...”

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

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.”

El fin que persigue la preservación del ambiente es la adecuación de unas mejores condiciones que aseguren en desarrollo y máximo bienestar de los humanos, esto se logra conjuntamente con el apoyo de la sociedad, por ello todas las personas tienen el derecho y el deber de participar en aquellos asuntos relativos a el ambiente, recordando nuevamente que el agua siendo ese principal recurso insustituible, debemos poner en práctica una serie de aspectos que conserven su calidad y propondrá el uso adecuado de las mismas.



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, 34 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.

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”. Se buscará por medio de las instituciones públicas o



privadas que generen y desarrollen conocimientos científicos y tecnológicos y procesos de innovación para la ejecución y aplicación de actividades que posibiliten resultados encaminados 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.

LEY DE AGUAS (2007) GACETA OFICIAL NÚMERO 35.595

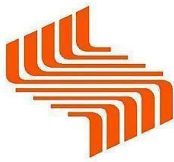
Artículo 10: “Conservación y aprovechamiento sustentable. La conservación y aprovechamiento sustentable de las aguas tiene por objeto garantizar su protección, uso y recuperación, respetando el ciclo hidrológico, de conformidad con lo establecido en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela,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

La conservación y aprovechamiento sustentable de las aguas tiene por objeto garantizar su protección, uso adecuado y preservación en conformidad con lo establecido en la Carta Magna.

NORMAS PARA LA CLASIFICACIÓN Y EL CONTROL DE CALIDAD DE LOS CUERPOS DE AGUA Y VERTIDOS O EFLUENTES LÍQUIDOS 1995 GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA N°5.021.

Artículo 58: “Se deroga el Decreto No. 883 de fecha 11 de Octubre de 1995, publicado en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5.021 extraordinario de fecha 18 de Diciembre de 1995”.

Decreto N° 883: “Para ser suministrados 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 la cantidad de hidrocarburos totales, 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 aceites minerales o hidrocarburos totales debe contener un máximo 20 mg/l”.

En aras de las protección y resguardo de nuestro recursos vitales y ambientales, el agua que provenga de las estaciones de flujo (Agua de producción) debe ser purificada en su más alta plenitud, pasando por un tratamiento previo que elimine o disminuya en todo caso, aquellas impurezas o sustancias contaminantes que sean o puedan ser riesgosas para nuestro ambiente; teniendo en cuenta que la cantidad máxima de vertidos líquidos que han de ser descargados no será mayor de 20 mg/l (cuando se descarguen en ríos, estuarios, lagos y embalses).

NORMAS SANITARIAS PARA EL PROYECTO, CONSTRUCCIÓN, AMPLIACIÓN, REFORMA Y MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES SANITARIAS PARA DESARROLLOS URBANÍSTICOS (1989). GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA 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 36 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 éste compendio de artículos se explica la aplicación y administración de las aguas dentro de un marco urbano o de hábitat, expresando cómo han de funcionar dentro de una ciudad manteniendo en alto las condiciones dignas para el desarrollo humano bajo un correcto resguardo del ambiente.



CAPÍTULO III: EL PROBLEMA

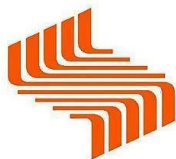
MARCO METODOLÓGICO

III.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según Arias Fidias (1997) la metodología del proyecto no es más que el “cómo se realizará” el estudio para responder al problema planteado. Siguiendo este orden, se establece que esta metodología debe incluir el tipo o tipos de investigación, las técnicas a utilizar y los procedimientos a desarrollar para llevar a cabo la investigación.

De acuerdo con este esquema, la presente investigación es de tipo cuantitativa. Conforme con Fernández, P. y Díaz, P. (2002) “la investigación cuantitativa trata de determinar la fuerza de asociación o correlación entre variables, la generalización y objetivación de los resultados a través de una muestra para hacer inferencia a una población de la cual toda muestra procede”.

En tal sentido, el modelo cuantitativo es el más pertinente para la presente investigación, este mismo define la línea de operación para los procesos de comparación entre resultados (estadísticos) en las aguas de producción petrolera luego de su tratado con diferentes carbones activos.



III.2. METODOLOGÍA

En función del accionar implementado para dar respuesta a la problemática expuesta como origen del trabajo de investigación, la línea metodológica que rige el estudio fue de carácter cuantitativa de tipo experimental, de acuerdo con Hernández et, al (2003), el diseño experimental obedece a una “situación de control, en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas), para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos)”. En torno a lo citado el presente trabajo aspira el tratamiento de aguas de producción bajo condiciones controladas de laboratorio, donde la materia prima es el carbón activado, y cuyo objeto es la evaluación de la capacidad de filtrado de la materia prima en los residuos industriales ya mencionados, para determinar así que tan eficiente es un carbón activo en la disminución o adsorción de contaminantes con respecto a otro.

III.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

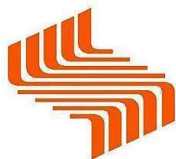
Según el autor Arias (2006, p. 81), define población como “un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetos del estudio”.

La muestra “es el grupo de individuos que se toma de la población, para estudiar un fenómeno estadístico” (Tamayo, T. Y Tamayo, M 1997, p.38).

En este sentido, para efectos de la práctica realizada en el laboratorio la población y muestra se expresan en la siguiente tabla:

Tabla N° 2 Sinopsis de la población y muestra.

Materia prima (carbón)	Población	Muestra
Cascarilla de arroz	610 gr	405 gr
Cáscara de coco	750gr	500gr



Cáscara de plátano (verde)	235gr	235 gr
Cáscara de plátano (maduro)	175 gr	175 gr

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

III.4. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES APLICADOS EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS

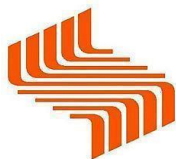
Para este ítem es importante señalar que la presente investigación es cuantitativa de tipo experimental. Para efectos de la presente se desempeñó en función de cada objetivo específico, por tanto se implementaron técnicas, instrumentos y materiales distintos en atención a lo requerido para el desarrollo de cada objetivo; los mismos se detallan a continuación:

Objetivo específico N°1: Elaborar muestras de carbón activado a través de procedimientos de laboratorio, partiendo de la cascarilla de arroz (*oryza sativa*), cáscara de coco y cáscara de plátano (*musa paradisiaca*) como materia prima.

Para la producción del carbón activado inicialmente es preciso disponer de la materia prima, cáscara de coco, de plátano y de arroz respectivamente, para posteriormente realizar el primer proceso de laboratorio “deshidratación” de la materia. Una vez deshidratada la materia prima se procede a la incineración de las mismas para observar los cambios notorios a simple vista de las mismas, obtenido los carbones se lleva a cabo la activación a condiciones de laboratorio.

Tabla N° 3 Sinopsis de la recopilación de datos (objetivo n°1)

Técnica	Instrumentos	Materiales
Observación y análisis físico.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Balanza digital ▪ Balanza analítica ▪ Horno domestico 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Libreta de apuntes ▪ Cámara ▪ Caldero de acero



	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estufa ▪ Microscopio Óptico marca LEICA ▪ Campana de extracción 	<ul style="list-style-type: none"> inoxidable ▪ Morteros ▪ Cápsulas Petri ▪ Crisoles ▪ Papel aluminio ▪ Cilindro graduado ▪ Vaso de precipitado ▪ Balón aforado ▪ Cuchara de acero ▪ Paleta de madera
--	---	---

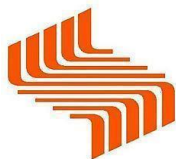
Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Objetivo específico N°2: Determinar la concentración de cloruros, fenoles, nitratos y nitritos en una muestra contaminada.

En el presente objetivo fue necesario recurrir a métodos experimentales cuantitativos cuyas técnicas fueron imprescindibles para la valoración química de los compuestos orgánicos presentes en las muestras objeto de estudio, para lograr la ejecución de los métodos, la disposición del instrumental y equipamiento del Laboratorio de Calidad de Aguas de la UNELLEZ fue crucial.

Tabla N° 4 Sinopsis de la recopilación de datos (objetivo n°2)

Técnica	Instrumentos	Materiales
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Método de Morh ▪ Método colorimétrico con 4-aminoantipirina ▪ Método Estándar 4500-NO₃⁻-B ▪ Método Estándar 4500-NO₂⁻-B 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Columna cromatográfica ▪ Espectrofotómetro ▪ Centrifuga ▪ Bomba de vacío ▪ pH-metro 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Buretas ▪ Pipeta ▪ Propipeta ▪ Micropipeta Titán ▪ Matraz Erlenmeyer ▪ Matraz Kitasato ▪ Filtro de



		membrana <ul style="list-style-type: none"> ▪ Papel de filtro ▪ Membrana ▪ Capsula de cristalización ▪ Vaso de precipitado ▪ Algodón ▪ Cilindro graduado ▪ Libreta de apuntes ▪ Cámara ▪ Grabador de voz ▪ Cronometro
--	--	---

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Objetivo específico N°3: Estructurar un rango en la eficiencia de carbón activado a base de cáscara de coco, cáscara de plátano y cascarilla de arroz como medio filtrante en aguas residuales de producción petrolera.

Para el cumplimiento de este objetivo fue necesario disponer de una tabla que permitiera organizar los datos obtenidos en los objetivos anteriores para así señalar las capacidades del carbón activado obtenido a partir de cascara de coco, cascara de plátano y cascarilla de arroz como medio filtrante, y su eficiencia en la reducción de contaminantes presentes en aguas de producción petrolera.

Tabla N° 5 Sinopsis de la recopilación de datos (objetivo n°3)

Técnica	Instrumentos	Materiales
Revisión bibliográfica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Software estadístico (EXCEL) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Libreta de apuntes ▪ Calculadora ▪ Cámara



		<ul style="list-style-type: none">▪ Grabadora de sonido▪ Tabla de datos▪ Gráficos de barras
--	--	---

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Descripción del proceso de investigación para cada objetivo específico:

Objetivo específico N°1: Elaborar muestras de carbón activado a través de procedimientos de laboratorio, partiendo de la cáscara de coco (coccus), cáscara de plátano (musa paradisiaca) y cascarilla de arroz (oryza sativa) como materia prima.

Fase I: Carbonización de la materia prima.

Equipos:

- Reverbero a leña
- Horno domestico

Materiales:

- Caldero de acero
- Cuchara de acero
- Paleta de madera
- Balanza electrónica

Procedimiento:

1. Para la producción del carbón se obtuvieron inicialmente las cáscaras como materia prima, representadas en masa de la siguiente manera.



Tabla N° 6 Sinopsis de la materia prima inicial (objetivo n°1)

Materia prima (cáscara)	Masa (Kg)
Arroz	1,750
Coco	1,860
Plátano (verde)	3,030
Plátano (maduro)	1,090

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

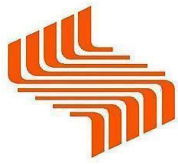
2. Obtenida la materia prima se llevó al horno domestico a gas a 100°C para ser deshidratada y eliminar cualquier rastro de material orgánico presente en las cáscaras.
3. Deshidratada la materia prima, se llevó cada una en periodos diferentes al fogón usando el caldero de acero para la debida incineración de las mismas, en este paso es importante resaltar que el tiempo de carbonización para cada materia no fue exactamente igual, y que unos duraron más que otros. Por mencionar, el proceso de incineración de la cascarilla de arroz fue el más tardío en relación con las otras 3 cáscaras.

Figura N°18 Cáscara de coco en proceso de carbonización



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Figura N°19 Cascarilla de Arroz en proceso de carbonización



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Figura: N° 20 Proceso de carbonización de la materia prima



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Figura: N°21 Proceso de carbonización de la materia prima



Fuente: Piñero & Rojas (2022)



4. Carbonizada la materia prima, se bajó del fogón y se dejó enfriar a temperatura ambiente.
5. Enfriada la materia prima, se realizaron entre 3 o 4 lavados con agua fresca hasta eliminar el color negro que desprendían los carbones, luego de los respectivos lavados las cáscaras ya carbonizadas fueron secados a temperatura ambiente.
6. Después de secos los carbones, se trituraron en el mortero y fueron llevados a la balanza para conocer la masa en kg de los mismos, cuyos resultados se encuentran expresados a continuación:

Tabla N° 7 Comparación de la materia prima antes y después de carbonizar

Materia prima (cascara)	Masa antes de carbonizar (kg)	Masa después de carbonizar (kg)
Arroz	1,750	0,605
Coco	1,220	0,750
Plátano (verde)	0,235	0,200
Plátano (maduro)	0,175	0,121

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

7. Conocidas las masas de los carbones, se llevaron muestras de ellos al laboratorio de “Calidad de Aguas” de la UNELLEZ-Barinas para visualizar a través de un microscopio óptico marca LEICA y caracterizar la estructura de los carbones. Con la ayuda de un teléfono celular se tomaron las respectivas evidencias fotográficas.

Fase II: Activación de los carbones

Equipos:

- Balanza analítica
- Estufa
- Campana de extracción



- Microscopio óptico LEICA

Materiales:

- Libreta de apuntes
- 1 Mortero de 25 cm de diámetro
- 10 Morteros de 8 cm de diámetro
- 8 Cápsulas Petri
- Cápsula de cristalización de 270 ml
- 16 Crisoles de 10 cm de diámetro
- 1 Cilindro graduado de 500 ml
- 1 Cilindro graduado de 100 ml
- 1 Vaso de precipitado de 100 ml
- 1 Balón aforado de 2000 ml
- 1 Balón aforado de 1000 ml
- 1 Cuchara de cerámica

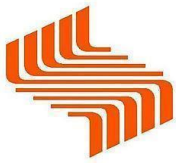
Reactivos:

- 141,18 ml de H_3PO_4 .
- 2858,82 ml de H_2O destilada
- 500 gr carbón (de cascara de coco)
- 500 gr de carbón (de cascarilla de arroz)
- 200 gr de carbón (de cascara de plátano verde)
- 121 gr de carbón (de cascara de plátano maduro)

Procedimiento:

1. Se midieron las masas de los carbones en la balanza analítica con la ayuda de una cápsula de cristalización base plana de 270 ml, siendo así las masas clasificadas en 500 gr de carbón de cáscara de coco, 500 gr de carbón de cascarilla de arroz, 200 gr de carbón de cáscara de plátano verde y 121 gr de carbón de cáscara de plátano maduro.

Figura N° 22: Medición de la masa antes de activar



Fuente: Piñero & Rojas

2. Posteriormente los distintos carbones fueron lavados con agua destilada dos veces para eliminar cualquier contaminante que pudieran contener las muestras.
3. En la campana de extracción fueron preparados 3L de solución de ácido fosfórico (H_3PO_4) al 0,4 N. Para la preparación de la solución se usaron 141,18 ml de H_3PO_4 con una equivalencia de 47,06 ml de ácido por cada litro de solución, para tal medición se usó un cilindro graduado de 100 ml, los 47,06 ml de ácido fosfórico fueron agregados a un balón aforado de 1000 ml y luego se completó con 952,94 ml de agua destilada, logrando la concentración de ácido al 4% N.

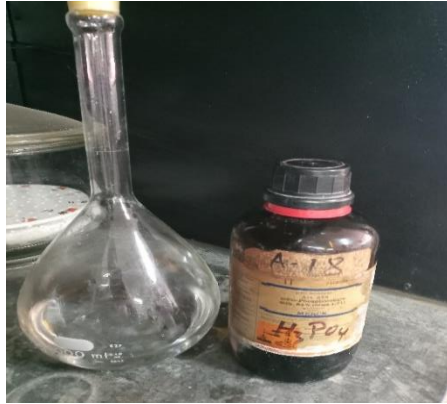
Figura: N°23 Preparación de la solución H_4PO_3





Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Figura: N°24 Solución de H_4PO_3



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

4. Una vez lista la solución, se procedió a agregar las muestras de carbón a los recipientes debidamente marcados y clasificados para agregar la solución de H_3PO_4 hasta cubrir el carbón.

Figura: N° 25 Carbón inmerso en la solución de H_4PO_3



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Figura: N°26 Muestras de carbón antes de llevar a la estufa



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

5. Con anterioridad la estufa eléctrica ya había sido encendida a 120 °C, donde se procedió a colocar los recipientes que contenían las muestras de carbón y la solución de ácido durante 6 horas.

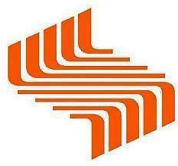
Figura: N° 27 Muestras llevadas a la estufa



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

6. Transcurrido el tiempo de las muestras en la estufa se retiraron los recipientes y se dejaron enfriar a temperatura ambiente, una vez se enfriaron se procedió a medir las masas resultantes de carbón activo.

Figura: N°28 Medición de las masas luego de activar



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

7. Conocidas las masas, el carbón fue lavado con agua destilada tres veces para eliminar cualquier resto de ácido que pudiera contenerse en ellos.

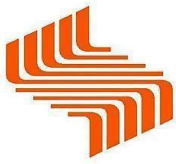
Figura: N°29 Lavado del carbón después de activar



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

8. Para finalizar, se tomaron muestras de los diferentes carbones para visualizar sus estructuras en el microscopio óptico usado anteriormente.

Figura: N°30 Microscopio utilizado



Fuente: Microsystems Leica (2021)

Objetivo específico N°2: Determinar la concentración de cloruros, fenoles, nitratos y nitritos en una muestra contaminada.

Fase I: Preparación de solución contaminada con fenoles, cloruros, nitratos y nitritos.

1. Primeramente, se determinó la cantidad necesaria en mililitros de fenoles para agregar a la muestra y alcanzar la concentración deseada, siendo así 7 ml de solución stock 10^3 ppm de fenol utilizada para contaminar la muestra a 1 ppm de fenol. Utilizando 1 ml de fenol por cada litro de solución preparada, en total 7 litros.

Figura N° 31: Medición de fenol



Fuente: Piñero & Rojas (2022)



2. En segunda instancia, se agregó a la solución 7000 mg de cloruro de sodio (NaCl) para lograr una concentración de 1000 ppm de cloruros. Con una equivalencia de 1000 mg cloruros por cada litro de solución preparada.
3. Posteriormente, se añadió 280 ml de solución stock 250 ppm de nitritos (NO_2^-) con el objetivo de obtener una concentración de 10 ppm de nitritos en la solución preparada. Obteniendo una proporción de 80 ml de nitritos por cada litro de solución.
4. Luego se adicionó a la solución 700 ml de solución stock 100 ppm de nitratos (NO_3^-) y conseguir una concentración de 10 ppm de nitratos, teniendo proporcionalmente 100 ml de nitratos por cada litro de solución.
5. Para completar los 7000 ml de solución, se agregó finalmente agua destilada hasta alcanzar la capacidad requerida.
6. Por último, se agregaron 11 gotas de solución al 1% de azul de metileno para aportar colorimetría a la solución.

Figura N°32: Solución contaminada



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Fase II: Montaje de columnas cromatográficas



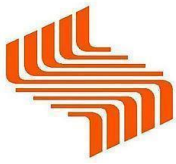
1. Implementando buretas de 3,5 cm de diámetro y 250 ml de capacidad, con el apoyo de 2 soportes universales y 3 pinzas de 3 dedos con nuez para cada soporte para garantizar la estabilidad del sistema de filtración y evitar algún accidente se hizo el montaje de las columnas.
2. Preparadas las columnas, se rellenaron las buretas con 2 gr de algodón en el fondo para luego rellenar con las muestras de carbón activado, el cual fue utilizado por separado según la materia prima inicial de su obtención, obteniendo de esta manera un total de 9 columnas cromatográficas para realizar el proceso de filtración por gravedad clasificadas de la siguiente manera:

Tabla N° 8 Sinopsis columnas cromatográficas

Número de columna	Materia prima antes de la carbonización	Altura (cm)
1	Cascarilla de arroz	30
2		
3		
4	Cáscara de coco	30
5		
6		
7	Cáscara de plátano (verde)	15
8	Cáscara de plátano (maduro)	30
9		15
Total de columnas = 9		

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Fase III: Filtración por gravedad



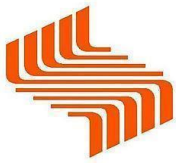
1. Montadas las columnas se identificaron los recipientes donde quedarían finalmente los filtrados de cada proceso, para tal fin se utilizaron matraces y vasos de precipitado con capacidades entre 100 y 250 ml, dichos recipientes fueron identificados según el material de cada columna y el tiempo de retención que se aplicaría a cada filtración.

Figura: N° 33 Columnas de filtración



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

2. Seguidamente se realizó la filtración haciendo pasar a través de las columnas 250 ml de la solución preparada en la fase I de este objetivo, con 3 tiempos de



retención para cada columna, siendo específicamente 0, 5 y 10 minutos los tiempos específicos, con apertura total de las válvulas de las buretas.

Figura N°34: Filtración por gravedad



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

3. Obtenidos todos los filtrados se taparon los recipientes que los contenían con papel aluminio para evitar la entrada de cualquier partícula que contaminara las muestras en estudio.

Fase IV: Determinación de las concentraciones finales de las muestras

1. Determinación de cloruros

Para efectos prácticos de este trabajo se utilizó el Método de titulación Argentométrico también denominado Método de Mohr. De acuerdo con la Universidad de Catamarca (2010), el mencionado método “se trata de un método volumétrico para valorar haluros (cloruros y bromuros) mediante la adición de una solución estándar de Nitrato de plata (AgNO_3) 0,1 N y como indicador se emplea una solución soluble de cromatos, el K_2CrO_4 ...”. La descripción del proceso de titulación se detalla a continuación:



- Se tomaron 20 ml de cada muestra con el apoyo de 2 pipetas de vidrio de 20 ml y 2 propipetas, el total de 27 muestras fueron depositadas en 27 Erlenmeyer marcados y enumerados.

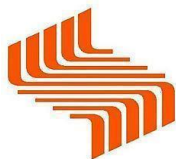
Figura: N°35 Extracción de muestras



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

- Posteriormente, con la ayuda de dos pH-metros con electrodo de laboratorio se ajustó el pH de cada una las muestras debido a que las mismas se encontraban extremadamente ácidas, con un pH de 2,2 en promedio. Se agregó a cada muestra 2 ml de Hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N para aumentar el pH de las mismas hasta 7.

Figura: N° 36 Ajuste de pH

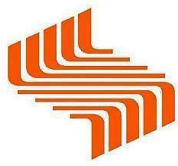


Fuente: Piñero & Rojas (2022)

- Se le agregó 1ml de Dicromato de potasio (K_2CrO_4) como indicador químico al 5%.
- Seguidamente se tomó una bureta, donde se agregaron 25 ml de Nitrato de plata ($AgNO_3$) al 0,1 N, el cual se fue agregando gota a gota a cada muestra, hasta obtener el cambio de color a (rojo ladrillo) al precipitar los cloruros, en el proceso se pudo visualizar como en las muestras se formó un precipitado de color blanco identificado como Cloruro de plata ($AgCl$). Es importante destacar que el volumen utilizado para el proceso de titulación de cada muestra varió uno con respecto a otro, los mismos se visualizan en la siguiente tabla:

Tabla N° 9: Volumen de Nitrato de plata utilizado por muestra

Carbón (materia prima inicial)	N° de columna	Tiempo de retención (minutos)	Volumen $AgNO_3$ (ml)



Arroz	1	0	2,2
		5	2,5
		10	2,2
	2	0	2,3
		5	2,3
		10	2,2
	3	0	2,2
		5	2,2
		10	2,4
Coco	1	0	3
		5	2,6
		10	2,3
	2	0	3,2
		5	3,8
		10	2,7
	3	0	3,3
		5	2,7
		10	2,6
	1	0	2,9
		5	2,7



Plátano maduro	2	10	2,4
		0	2,6
		5	2,2
		10	2,2
Plátano verde	1	0	2,4
		5	2,3
		10	2,4

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Figura N°37: Titulación de cloruros



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

2. Determinación de fenoles

Para este ítem se implementó el método colorimétrico 4-aminoantipirina, “es el establecido como método estándar para la cuantificación de fenoles totales en muestras ambientales...” (Indu-Nair et, al 2008). Al respecto, Standard Methods (1993), establece que “los compuestos fenólicos destilables al vapor reaccionan con



la 4-aminoantipirina a un pH 7,9 + 0,1 en presencia de ferrocianuro de potasio para formar un colorante de antipirina coloreado...”.

- Para iniciar la prueba, con la ayuda de dos pipetas de 25 ml y dos propipetas se tomaron 25 ml de cada muestra el cual fueron colocados en vasos de precipitados de 50 ml, se agregó a cada muestra 0,6 ml de Hidróxido de amonio (NH_4OH) 0,5 N y solución buffer fosfato (PO_4^{3-}) para ajustar el pH a 7,9.
- Una vez ajustado el pH de las muestras, se agregó 0,15 ml de colorante 4-aminoantipirina 0,2 N y 0,15 ml de Ferrocianuro de potasio ($\text{C}_6\text{FeK}_4\text{N}_6$) 0,8 N

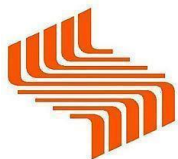
Figura: N° 38 Agregado el colorante



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

- Posteriormente se agitaron las muestras para mezclar toda la solución y se esperó un intervalo de 15 minutos para realizar las lecturas en el espectrofotómetro y visualizar las absorbancias de las muestras, destacando que la longitud de ondas del espectrofotómetro fue de 460 nanómetros (nm).

Figura N°39: Lectura espectrofotométrica



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Tabla N° 10: Absorbancias leídas en el espectrofotómetro para fenoles.

Carbón (materia prima inicial)	N° de columna	Tiempo de retención (minutos)	Absorbancia
Arroz	1	0	4
		5	0,463
		10	0,710
	2	0	3,621
		5	1,305
		10	0,271



	3	0	3,922
		5	1,252
		10	0,811
Coco	1	0	4
		5	3,922
		10	2,843
	2	0	1,755
		5	2,047
		10	1,484
	3	0	2,102
		5	3,019
		10	1,065
Plátano verde	1	0	0,249
		5	0,309
		10	0,292

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

3. Determinación de nitritos

De acuerdo con el método 4500-NO₂⁻-B del Standard Methods (2017), la determinación de nitritos por colorimetría es aplicable a aguas residuales, efluentes y aguas contaminadas. A continuación se detalla el procedimiento para la determinación de concentraciones:



- Se tomaron 25 ml de cada muestra con el apoyo de dos pipetas de vidrio de 25 ml y dos propipetas, las muestras fueron contenidas en vasos de precipitado de 50 ml.
- Con la implementación de dos pH-metros digitales se ajustó el pH de las muestras a 8,9.

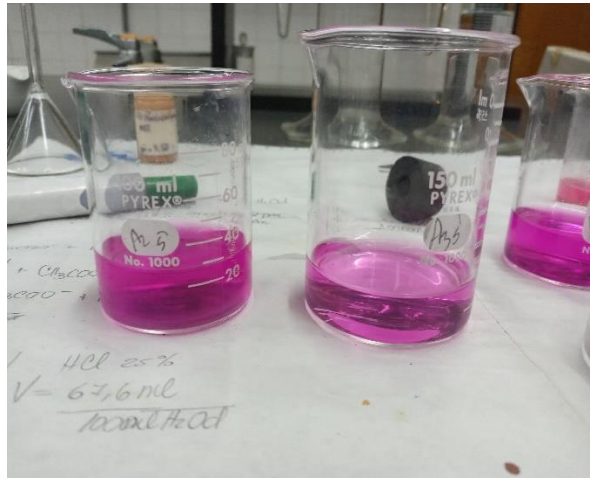
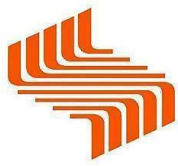
Figura N°40: pH-metros



Fuente: Piñero & Rojas

- Posteriormente, se utilizó una centrifuga de laboratorio debido a que las muestras presentaban mucha turbidez y dificultaba el cumplimiento del método.
- Terminado el proceso de centrifugación, se procedió a agregar 1 ml de solución colorante (caracterizada por ser una mezcla acida de alfa naftil etilendiamina y sulfanilamida) a las muestras, el proceso se hizo de cinco en cinco debido a que debía observarse el comportamiento físico de las muestras una vez que se agregaba la solución, a su vez, duraron 30 minutos exactos mientras reaccionaba la solución agregada.

Figura N° 41 Agregando solución de colorante



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

- Posteriormente, fueron leídas las absorbancias de las muestras en el espectrofotómetro a 543 nm.

Figura: N°42 lectura de las muestras

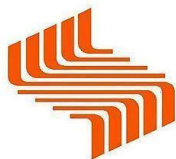


Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Tabla N° 11: Absorbancias leídas en el espectrofotómetro para nitritos.



Carbón (materia prima inicial)	N° de columna	Tiempo de retención (minutos)	Absorbancia
Arroz	1	0	0,037
		5	0,082
		10	0,063
	2	0	0,374
		5	0,818
		10	0,2
	3	0	0,336
		5	0,295
		10	0,757
Coco	1	0	0,039
		5	0,127
		10	0,276
	2	0	0,049
		5	0,044
		10	0,250
	3	0	0,037
		5	0,040



		10	0,086
Plátano verde	1	0	0,339
		5	0,772
		10	1,265

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

4. Determinación de nitratos

Siguiendo el método propuesto por el Standard Methods (2017), “los nitratos son iones formados por tres átomos de oxígeno, uno de nitrógeno y con una carga negativa (NO_3^-), no tienen color ni sabor y se encuentran en la naturaleza disueltos en el agua”. Para efectos de la determinación de las concentraciones de nitratos en este trabajo de investigación se utilizó el método 4500- NO_3^- -B del Standard Methods.

- Con un sistema de filtración compuesto por un matraz kitasato, un filtro de membrana una bomba de vacío y diez membranas de 0,45 micras se filtraron todas las muestras para eliminar la turbidez de misma y facilitar las lecturas.

Figura N° 43 Filtración al vacío.



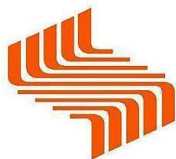
Fuente: Piñero & Rojas (2022)



- Terminada la filtración, se realizaron las debidas lecturas en el espectrofotómetro a 220 nm.

Tabla N° 12: Absorbancias leídas en el espectrofotómetro para nitratos.

Carbón (materia prima inicial)	N° de columna	Tiempo de retención (minutos)	Absorbancia
Arroz	1	0	0,002
		5	0,001
		10	0,007
	2	0	0,007
		5	0,013
		10	0,001
	3	0	0,005
		5	0,001
		10	0,004
Coco	1	0	0,179
		5	0,001
		10	0,002
	2	0	0,053
		5	0,003
		10	0,004



	3	0	0,001
		5	0,023
		10	0,015
Plátano maduro	1	0	0,012
		5	0,008
		10	0,023
	2	0	0,019
		5	0,046
		10	0,014
Plátano verde	1	0	0,003
		5	0,004
		10	0,001

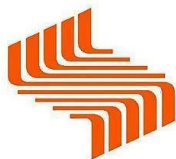
Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Objetivo específico N°3: Estructurar un rango en la eficiencia de carbón activado a base de cáscara de coco, cáscara de plátano y cascarilla de arroz como medio filtrante en aguas residuales de producción petrolera.

Con base del establecimiento de los valores de la eficiencia del carbón activado en función de su materia prima es importante resaltar que para su cumplimiento, el paso a paso seguido en cada uno de los objetivos designados en el presente trabajo de investigación y la metodología implementada en cada uno es previo del siguiente, por ende, todo el desarrollo experimental y las actividades



que formaron parte del proceso serán las determinantes para el análisis de datos y la evaluación de los resultados y así lograr establecer la eficiencia del carbón activado en la remoción parcial o total de contaminantes presentes en los efluentes petroleros.



CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

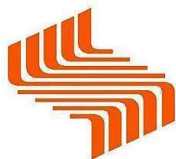
Para efectos del presente capítulo se examinarán las actividades planteadas en cada objetivo específico, luego de ejecutar las prácticas experimentales en el laboratorio y obtener los datos e información requerida se procederá a realizar los análisis que permitirán dar respuesta a la interrogante fundamental del presente estudio.

Objetivo específico N°1 Elaborar muestras de carbón activado a través de procedimientos de laboratorio, partiendo de la cáscara de coco (coccus), cáscara de plátano (musa paradisiaca) y cascarilla de arroz (oryza sativa) como materia prima.

Se desarrolló con total efectividad la carbonización de las cáscaras de arroz, coco y plátano respectivamente. Destacando la reducción en las masas previo al proceso de incineración, así mismo se resalta la variación de comportamiento de una materia prima con respecto a otra antes y después de su carbonización. Las masas antes y después del proceso de carbonización se ven reflejadas a continuación:

Tabla N° 13: Masas de carbones obtenidos

Muestra	Materia prima inicial (cáscara)	Masa antes de la carbonización (kg)	Masa antes de la carbonización (gr)	Masa después de la carbonización (kg)	Masa después de la carbonización (gr)
1	Arroz	1,750	1750	0,605	605
2	Coco	1,220	1220	0,750	750
3	Plátano	0,235	235	0,200	200



	(verde)				
4	Plátano (maduro)	0,175	175	0,121	121

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

De la tabla N° 13 evaluamos los resultados obtenidos después de la carbonización de las cáscaras, es posible observar los niveles de reducción de los mismos, la diferencia de materias es el total evaporado durante el proceso de incineración. Para determinar el porcentaje de cáscaras carbonizadas se consideró evaluar a través de una relación de proporcionalidad directa y de manera individual cada materia prima, debido a que cada una presenta características y comportamiento diferentes. Para ello se consideró:

1. Para la cascarilla de arroz:

Cascarilla de arroz sin carbonizar \longrightarrow 100 %

Cascarilla de arroz carbonizada resultante \longrightarrow x

Despejamos y obtenemos:

Fórmula N°1: Porcentaje de carbón (a partir de cascarilla de arroz) obtenido.

$$x = \frac{\text{Cáscarilla de arroz carbonizada resultante} * 100 \% \text{ de la muestra}}{\text{Cáscarilla de arroz sin carbonizar}}$$

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Sustituimos valores en la fórmula:

$$x = \frac{0,605 \text{ kg} * 100 \%}{1,750 \text{ kg}}$$

$x = 34,57 \%$ (**porcentaje de carbón obtenido**).

Con los valores obtenidos se puede afirmar que del 100% de la muestra de cascarilla de arroz dispuesta para carbonizar, el 34,57% se convirtió en carbón, por diferencia obtenemos que el 65,43 % de la materia fue evaporada.



2. Para la cáscara de coco:

Cáscara de coco sin carbonizar \longrightarrow 100 %
Cáscara de coco carbonizada resultante \longrightarrow x

Despejamos y obtenemos:

Fórmula N°2: Porcentaje de carbón (a partir de cáscara de coco) obtenido.

$$x = \frac{\text{Cáscara de coco carbonizada resultante} * 100 \% \text{ de la muestra}}{\text{Cáscara de coco sin carbonizar}}$$

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Sustituimos valores en la fórmula:

$$x = \frac{0,750 \text{ kg} * 100 \%}{1,220 \text{ kg}}$$

$$x = 61,48 \% \text{ (porcentaje de carbón obtenido).}$$

De acuerdo con el porcentaje calculado, el 38,52% de la cáscara de coco se evaporó durante el proceso de carbonización mientras que el 61,48% fue obtenido en forma de carbón.

3. Para la cáscara de plátano (verde):

Cáscara de plátano verde sin carbonizar \longrightarrow 100 %
Cáscara de plátano carbonizada resultante \longrightarrow x

Despejamos y obtenemos:

Fórmula N°3: Porcentaje de carbón (a partir de cáscara de plátano verde) obtenido.



$$x = \frac{\text{Cáscara de platano carbonizada resultante} * 100 \% \text{ de la muestra}}{\text{Cáscara de plátano verde sin carbonizar}}$$

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Sustituimos valores en la fórmula:

$$x = \frac{0,200 \text{ kg} * 100 \%}{0,235 \text{ kg}}$$

$$x = 85,11 \% \text{ (porcentaje de carbón obtenido).}$$

Con los resultados obtenidos se obtiene que el 85,11 % de la materia prima fue obtenida en forma de carbón y solo el 14,89 % fue evaporado.

4. Para la cáscara de plátano (maduro):

Cáscara de plátano maduro sin carbonizar \longrightarrow 100 %

Cáscara de plátano carbonizada resultante \longrightarrow x

Despejamos y obtenemos:

Fórmula N°4: Porcentaje de carbón (a partir de cáscara de plátano maduro) obtenido.

$$x = \frac{\text{Cáscara de platano carbonizada resultante} * 100 \% \text{ de la muestra}}{\text{Cáscara de plátano maduro sin carbonizar}}$$

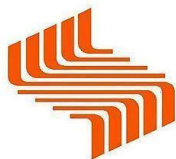
Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Sustituimos valores en la fórmula:

$$x = \frac{0,121 \text{ kg} * 100 \%}{0,175 \text{ kg}}$$

$$x = 69,14 \% \text{ (porcentaje de carbón obtenido).}$$

Respecto al porcentaje calculado, se puede inferir que el 69,14% de la materia fue obtenida en forma de carbón y el 30,86% se evaporó en el proceso.



A continuación se visualizan los porcentajes de materia obtenidos durante el proceso de carbonización:

Tabla N°14: Porcentajes de masa obtenidos de la carbonización.

Muestra	Materia prima inicial (cáscara)	Porcentaje de rendimiento de masa obtenido en carbón (%)	Porcentaje de masa evaporado durante la carbonización (%)
1	Arroz	34,57	65,43
2	Coco	61,48	38,52
3	Plátano (verde)	85,11	14,89
4	Plátano (maduro)	69,14	30,86

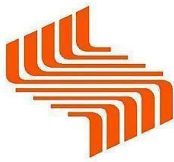
Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Objetivo específico N°2: Determinar la concentración de cloruros, fenoles, nitratos y nitritos en una muestra contaminada.

Para determinar las concentraciones de los compuestos presentes en las muestras estudiadas, se implementaron cuatro métodos expuestos en el Standard Methods para el Examen de Agua y Aguas Residuales, dichos métodos fueron desarrollados en función de la determinación de la concentración de cada compuesto en específico.

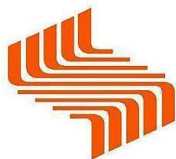
1. Determinación de cloruros:

Posterior a la filtración de la solución contaminada a través de las columnas de carbón activado, se procedió a la determinación de las concentraciones de cloruros para conocer la capacidad de filtración de cada carbón activado en la remoción de estos compuestos, para tal efecto se aplicó el método de Mohr también denominado



método de titulación argentométrico expuesto en el Standard Methods como 4500-Cl-B. Es importante resaltar los siguientes parámetros:

- La concentración inicial de cloruros en la solución contaminada era 1000 ppm.
- Inicialmente la solución contaminada fue distribuida en 27 muestras de 250 ml para proceder a filtrar a través de las columnas de carbón activado a diferentes tiempos de retención.
- Obtenidos los filtrados del respectivo proceso de filtración se ejecutó la titulación de las muestras, para determinar la concentración resultante de cloruros para cada una de ellas luego de ser filtradas, para tal proceso es posible detallar:
 - Se concretó la estandarización del nitrato de plata (AgNO_2^-), para lograrlo se usaron 10 ml de cloruro de sodio (NaCl) al 0,0141 molar en un vaso de precipitado, mientras en una bureta de 25 ml se agregó el nitrato de plata, la válvula de la bureta se abrió a 90° mientras iba precipitando gota a gota. Inmediatamente el nitrato de plata reaccionó al entrar en contacto con el cloruro de sodio, a los 0,1 ml se observó la reacción de la solución, caracterizado por un color blanquecino el cual permitió concluir que la concentración del nitrato de plata era el necesario para realizar la titulación de las muestras.
 - Para iniciar el proceso de titulación, se tomaron 20 ml de cada muestra (filtrado) en matraces Erlenmeyer, en total 27 muestras.
 - Tituladas las muestras y obtenidos los valores de los volúmenes de nitrato de plata requeridos por cada muestra para su reacción, se continuó con los posteriores cálculos matemáticos para determinar cuantitativamente la concentración en ppm de cloruros resultantes para cada muestra después de haber sido filtrada, para ello se utiliza la siguiente fórmula:



Fórmula N°5: Fórmula para determinar ppm de Cl⁻.

$$ppm Cl^{-} = \frac{(A - B) * N * 35450}{C_s}$$

Donde:

A = Solución de Nitrato de Plata.

B = Constante del Cloruro de Sodio.

N = Concentración de Nitrato de Plata.

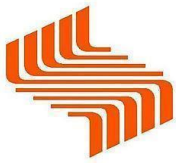
C_s = Cantidad de solución inicial.

Fuente: Standard Methods (1992)

- Sustituyendo valores en la formula N°5 del presente trabajo para cada columna a los diferentes tiempos de retención se determinaron los resultados de las concentraciones de cloruros finales expuestos a continuación:

Tabla N°15: Concentraciones finales de cloruros

Materia prima inicial (cáscara)	Número de columna	Tiempo de retención (minutos)	Vol AgNO3 (ml)	Concentraciones de cloruros (ppm)
ARROZ	1	0	2,2	43,74
		5	2,5	49,98
		10	2,2	43,74
	2	0	2,3	45,82
		5	2,3	45,82
		10	2,2	43,74
	3	0	2,2	43,74
		5	2,2	43,74
		10	2,4	47,90
	1	0	3	60,40
		5	2,6	52,07
		10	2,3	45,82



COCO	2	0	3,2	64,56
		5	3,8	77,06
		10	2,7	54,15
	3	0	3,3	66,65
		5	2,7	54,15
		10	2,6	52,07
PLATANO VERDE	1	0	2,9	58,32
		5	2,7	54,15
		10	2,4	47,90
PLATANO MADURO	1	0	2,90	58,32
		5	2,7	54,15
		10	2,4	47,90
	2	0	2,6	52,07
		5	2,2	43,74
		10	2,2	43,74

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

- Obtenidos los resultados se procedio a tabular el promedio de las concentraciones finales de cloruros por tiempo de retencion en funcion de la materia prima, expresados a continuacion:

Tabla N°16: Promedio de concentraciones finales de cloruros

PROM A 0 min (ppm)	PROM C 0 min (ppm)	PROM V 0 min (ppm)	PROM P 0 min (ppm)
44,43	63,87	58,32	55,19
PROM A 5 min (ppm)	PROM C 5 min (ppm)	PROM V 5 min (ppm)	PROM P 5 min (ppm)
46,51	61,09	54,15	48,94
PROM A 10 min (ppm)	PROM C 10 min (ppm)	PROM V 10 min (ppm)	PROM P 10 min (ppm)



45,12	45,12	47,90	45,82
-------	-------	-------	-------

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

En promedio, es posible afirmar que en las columnas de cáscaras de coco, plátano verde y plátano maduro a mayor tiempo de retención, mayor fue la disminución de la concentración de cloruros, dicho de otra manera, a mayor tiempo de filtración mayor capacidad de remoción. Por su parte, para los filtrados de las columnas de carbón de cascarilla de arroz el comportamiento fue distinto, a los 5 minutos la concentración de cloruros fue mayor que a los 0 minutos, y a los 10 minutos de filtrado volvió a disminuir; a ello se le atribuye, que de cada columna se hicieron tres filtraciones a tres tiempos diferentes, 0, 5 y 10 minutos respectivamente, después de cada filtración no se realizó un lavado de la columna empacada de carbón, por tanto, es posible que al filtrar hayan quedado partículas de cloruros que a simple vista no eran notorios, pero que al realizar la siguiente filtración dichas partículas alteraron la concentración química inicial de la solución problema.

La concentración más baja se obtuvo en la columna de carbón activado de cascarilla de arroz a los 0 minutos de filtración, resaltando una concentración de 44,43 ppm.

Es importante resaltar que solo se construyó una columna de carbón de cascara de plátano verde, cuya altura fue de 15 cm, esto motivado a que el porcentaje de rendimiento de la materia prima inicial no fue congruente en comparación con el resto. Sin embargo, a pesar de la diferencia de alturas, los resultados de remoción para dicha columna no estuvieron tan alejados del resto.

Por otro lado, es de suma importancia destacar, que una de las columnas de carbón de cáscara de plátano maduro quedó constituida de solo 15 cm, y no fueron 3 columnas como se hizo con el coco y el arroz, la respuesta a ello, fue la eficiencia de



la materia prima, cuyo rendimiento en masa no fue el mismo que el de las otras materias prima iniciales. A pesar de ello, el resultado en promedio a los 10 minutos de filtración estuvo apenas a décimas del valor más bajo de remoción de cloruros.

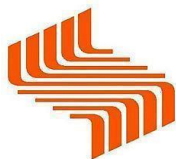
2. Determinación de fenoles

Obtenidas las muestras de filtrados se procedió a la determinación cuantitativa de fenoles, para ello, se adecuó el método 4-aminoantipirina. Para el desarrollo del mismo es de importante mención los siguientes ítems:

- Inicialmente la concentración de fenoles en la solución problema era de 1 ppm.
- De la misma manera, la solución contaminada fue dividida en 27 muestras de 250 ml para proceder a filtrar a través de las columnas de carbón activado a diferentes tiempos de retención.
- Al obtener las muestras de los filtrados fue necesario tomar 25 ml de cada una para luego ajustar el pH a 7,9; el mismo se realizó con buffer fosfato, y las respectivas mediciones a cada muestra se realizaron con los pH-metros digitales.
- Ajustado el pH de las muestras se procedió a agregar a cada muestra 0,15 ml de solución 4-aminoantipirina al 2% y 0,15 ml de ferrocianuro de potasio al 8%. Las muestras fueron agitadas hasta mezclar las sustancias para luego dejarlas reposar durante 15 minutos y así leer las absorbancias de las mismas en el espectrofotómetro.
- Conocidas las absorbancias se utilizó una curva de calibración prediseñada en el laboratorio de calidad de aguas en la cual introducimos las absorbancias leídas y así poder determinar así las concentraciones finales de fenoles expresados en la siguiente tabla:

Tabla N°17: Concentraciones finales de fenoles

Materia prima inicial (cáscara)	Número de columna	t ret (min)	ABS	ABSCOR R	Concentraciones de fenoles
---------------------------------	-------------------	-------------	-----	----------	----------------------------



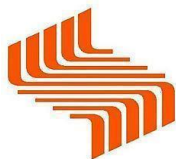
					(ppm)
ARROZ	1	0	4	3,98	39,68
		5	0,463	0,443	2,95
		10	0,71	0,69	5,52
	2	0	3,621	3,601	35,74
		5	1,305	1,285	11,69
		10	0,271	0,251	0,96
	3	0	3,922	3,902	38,87
		5	1,252	1,232	11,14
		10	0,811	0,791	6,56
COCO	1	0	4	3,98	39,68
		5	3,922	3,902	38,87
		10	2,843	2,823	27,67
	2	0	1,755	1,735	16,37
		5	2,047	2,027	19,40
		10	1,484	1,464	13,55
	3	0	2,102	2,082	19,97
		5	3,019	2,999	29,49
		10	1,065	1,045	9,20
PLÁTANO VERDE	1	0	0,249	0,229	0,73
		5	0,309	0,289	1,35
		10	0,292	0,272	1,18

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Obtenidos los resultados se procedió a tabular el promedio de las concentraciones finales de fenoles por tiempo de retención en función de la materia prima, expresados a continuación:

Tabla N°18: Promedio de concentraciones finales de fenoles

PROM A 0 min (ppm)	PROM C 0 min (ppm)	PROM V 0 min (ppm)
38,10	25,34	0,73



PROM A 5 min (ppm)	PROM C 5 min (ppm)	PROM V 5 min (ppm)
8,60	29,25	1,35
PROM A 10 min (ppm)	PROM C 10 min (ppm)	PROM V 10 min (ppm)
4,35	14,25	1,18

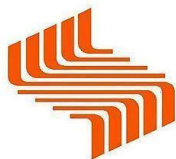
Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Es importante resaltar que la prueba no pudo realizarse para las muestras obtenidas de la filtración de las columnas de carbón de cascara de plátano maduro debido a que la colorimetría de las mismas interfirió con la lectura en el espectrofotómetro.

De los promedios visualizados en la tabla N° 18 se observa un comportamiento anormal no concluyente, debido a que las concentraciones finales son mayores a las concentraciones iniciales de fenoles antes de la filtración, se destaca la turbidez de las muestras, resaltando así que fue posible alguna reacción entre algún componente de la solución problema y el carbón activado. Es importante mencionar que en trabajo antecedente al presente (Gudiño & Jimenez, 2022), la reducción de fenoles si fue efectiva usando como materia prima la cascarilla de arroz.

3. Determinación de Nitritos:

Una vez realizada dichas filtraciones de la solución contaminada por medio de las columnas de carbón activado, se realizó la determinación de nitritos para dar a conocer las capacidades de filtrado del carbón activado de acuerdo a la materia prima, y de ese mismo modo estudiar la capacidad de remoción de los nitritos presentes en la solución contaminada. Utilizando el método 4500-NO₂⁻-B del Standard Methods es importante destacar que:



- La concentración inicial de nitritos en la solución problema era de 10 ppm.
- Una vez obtenida la solución problema se realizó la filtración por separado de 250 ml para cada columna a diferentes tiempos donde se obtuvieron 27 muestras.
- Obtenidas las muestras se procedió a aplicar una colorimetría para luego ser leídas en el espectrofotómetro y analizar la absorbancia de dichas muestras.
- Por último, para determinar el porcentaje disminuido de dicho contaminantes en las muestras se procedió a realizar los siguientes cálculos partiendo de la curva de calibración prediseñada en el laboratorio de calidad de aguas, y de allí obtener las concentraciones finales de nitritos. A continuación se expone la tabla con las concentraciones finales:

Tabla N°19: Concentraciones finales de nitritos.

Materia prima inicial (cáscara)	Número de columna	t ret (min)	ABS	ABSCORR	Concentraciones de nitritos (ppm)
Arroz	1	0	0,037	0,005	0,00000
		5	0,082	0,05	0,01423
		10	0,063	0,031	0,00809
	2	0	0,374	0,342	0,10869
		5	0,818	0,786	0,25231
		10	0,2	0,168	0,05240
	3	0	0,336	0,304	0,09640
		5	0,295	0,263	0,08313
		10	0,757	0,725	0,23258
Coco	1	0	0,039	0,007	0,00032
		5	0,127	0,095	0,02879
		10	0,276	0,244	0,07699
	2	0	0,049	0,017	0,00356
		5	0,044	0,012	0,00194
		10	0,25	0,218	0,06858
	3	0	0,037	0,005	0,00000
		5	0,04	0,008	0,00065
		10	0,086	0,054	0,01553



Plátano verde	1	0	0,339	0,307	0,09737
		5	0,772	0,74	0,23743
		10	1,265	1,233	0,39691

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Conocidas las concentraciones de nitritos por columna de filtración y por grupo de materia prima se elaboró una tabla de promedios por tiempo de retención en función de la materia prima predominante de cada columna, enunciados a continuación:

Tabla N° 20: Promedio de concentraciones finales de nitritos

PROM A 0 min (ppm)	PROM C 0 min (ppm)	PROM V 0 min (ppm)
0,068	0,0013	0,0974
PROM A 5 min (ppm)	PROM C 5 min (ppm)	PROM V 5 min (ppm)
0,117	0,0105	0,237
PROM A 10 min (ppm)	PROM C 10 min (ppm)	PROM V 10 min (ppm)
0,098	0,0537	0,3970

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Observando los resultados mostrados en la tabla número 20 se muestra la disminución de los nitritos según los tiempos de retenciones establecidas, siendo ellos (0, 5 y 10 minutos) en función de la materia prima filtrante. Se puede apreciar que siendo el caso de la cáscara de arroz removi6 en gran proporci6n dicho contaminante. De igual manera para la cáscara de coco, y el plátano verde.



Es importante resaltar que de la cáscara de plátano verde se estableció una sola columna de 15 cm de altura, esto debido al bajo porcentaje de rendimiento durante el proceso de obtención del carbón, sin embargo, se obtuvieron grandes resultados de ella.

Es de acotar que las determinaciones de las concentraciones de nitritos no pudo realizarse para las muestras obtenidas de la filtración de las columnas de carbón de cáscara de plátano maduro debido a que la colorimetría de las mismas interfirió con la lectura en el espectrofotómetro.

4. Determinacion de nitratos

Concretadas las muestras de los filtrados, se procedio a implementar el método 4500-NO₃⁻-B expuesto en el Standard Methods para valorar cuantitativamente las concentraciones de nitratos presentes en las muestras de estudio. Para el desenvolvimiento del mismo es importante resaltar los siguientes aspectos:

- Las muestras fueron filtradas al vacio a travess de un filtro de membrana, siguiendo los parámetros designados por el método, el objetivo, era eliminar cualquier sustancia y turbidez que afectaran la medición de las absorbancias correspondientes en el espectrofotómetro.
- Despues de filtrar las muestras se procedio a leer las absorbancias en el espectrofotómetro (el cual fue encendido dos horas antes) con una longitud de ondas de 220 nm, dichas absorbancias fueron introducidas en la curva de calibración prediseñada en el laboratorio de calidad de aguas para obtener las respectivas concentraciones finales en ppm de nitratos, las cuales se observan en la siguiente tabla:

Tabla N°21: Concentraciones finales de nitratos

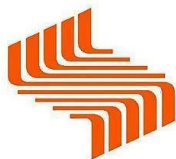
Materia prima	Número	t ret	ABS	ABSCORR	Concentraciones
---------------	--------	-------	-----	---------	-----------------



inicial (cáscara)	de columna	(min)	de nitratos (ppm)		
Arroz	1	0	0,002	0,001	0,00
		5	0,001	0	0,00
		10	0,007	0,006	0,00
	2	0	0,007	0,006	0,00
		5	0,013	0,012	0,00
		10	0,001	0	0,00
	3	0	0,005	0,004	0,00
		5	0,001	0	0,00
		0	0,002	0,001	0,00
Coco	1	0	0,179	0,178	0,74
		5	0,001	0	0,00
		10	0,002	0,001	0,00
	2	0	0,053	0,052	0,19
		5	0,003	0,002	0,00
		10	0,004	0,003	0,00
	3	0	0,001	0	0,00
		5	0,023	0,022	0,06
		10	0,015	0,014	0,03
Plátano verde	1	0	0,003	0,002	0,00
		5	0,004	0,003	0,00
		10	0,001	0	0,00
Plátano maduro	1	0	0,012	0,011	0,01
		5	0,008	0,007	0,00
		10	0,023	0,022	0,06
	2	0	0,019	0,018	0,04
		5	0,046	0,045	0,16
		10	0,014	0,013	0,02

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Una vez se obtuvieron los resultados de las concentraciones de nitratos se procedió a tabular el promedio por tiempo de retención en función de la materia prima, los



mismos se exponen a continuación:

Tabla N°22: Promedio de concentraciones finales de nitratos

PROM A 0 min (ppm)	PROM C 0 min (ppm)	PROM V 0 min (ppm)	PROM P 0 min (ppm)
0,00	0,31	0,00	0,03
PROM A 5 min (ppm)	PROM C 5 min (ppm)	PROM V 5 min (ppm)	PROM P 5 min (ppm)
0,01	0,02	0,00	0,08
PROM A 10 min (ppm)	PROM C 10 min (ppm)	PROM V 10 min (ppm)	PROM P 10 min (ppm)
0,00	0,01	0,00	0,04

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Del promedio de concentraciones expuesto en la tabla N°21, se observa que la remoción de nitratos fue casi total en todas las columnas, “solo quedaron trazas de nitratos”, se observa que el carbón activado de los diferentes materiales usados en el presente trabajo presenta muchas capacidades en la remoción de estos compuestos.

Una particular característica fue presentada en la columna de carbón activado de plátano verde, la misma, constituida de sólo 15 cm, por causa explicada con anterioridad, presentó remoción total de nitratos en las muestras a los diferentes tiempos de retención, siendo esta columna la que presentó remoción total a los 3 tiempos de filtración.

Es importante resaltar que una de las columnas de carbón activado de cáscara de plátano maduro quedó constituida de apenas 15 cm, el motivo fue expuesto en la



sección de determinación de cloruros del capítulo IV del presente trabajo. A pesar de ello también se observa que los resultados fueron muy favorables.

Objetivo específico N°3: Estructurar un rango en la eficiencia de carbón activado a base de cáscara de coco, cáscara de plátano y cascarilla de arroz como medio filtrante en aguas residuales de producción petrolera.

Para establecer la eficiencia de filtración del carbón activado elaborado de la cáscara de coco, cáscara de plátano y cascarilla de arroz para la remoción de parámetros fisicoquímicos en aguas de producción petrolera se adecuaron los procedimientos pertinentes en el laboratorio, teniendo para ello una solución contaminada a concentraciones determinadas denominada “solución problema” y la construcción de las columnas a través de las cuales se filtró a las condiciones y variables especificadas en el capítulo III del presente trabajo.

Con la finalidad de conocer la capacidad de absorción de cloruros, fenoles, nitritos y nitratos por los carbones activos se empleó la relación matemática expuesta a continuación:

$$\begin{array}{l} \text{Concentración inicial (ppm)} \longrightarrow 100 \% \\ \Delta C \text{ (ppm)} \longrightarrow x \end{array}$$

Donde:

$$\Delta C = \text{Concentración inicial (ppm)} - \text{Concentración final (ppm)}$$

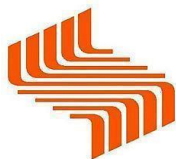
Despejamos y obtenemos:

Formula N°6: Eficiencia de absorción del carbón activado

$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\Delta C \text{ (ppm)}}{\text{Concentración inicial (ppm)}} * 100 \%$$

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Sustituyendo los valores obtenidos en la fórmula n°6 se obtuvieron las eficiencias



de absorción de cada carbón activado para cada componente.

1. Eficiencia del carbón activo para cloruros

Tabla N° 23: Eficiencia de absorción de cloruros

Materia prima inicial (cáscara)	Tiempo ret (min)	Conc. Inicial (ppm)	Conc. Promedio Final (ppm)	Conc. Absorbida (ppm)	Eficiencia (%)
Arroz	0	1000	44,43	955,57	95,557
	5	1000	46,51	953,49	95,349
	10	1000	45,12	954,88	95,488
Coco	0	1000	63,87	936,13	93,613
	5	1000	61,09	938,91	93,891
	10	1000	45,12	954,88	95,488
Plátano verde	0	1000	58,32	941,68	94,168
	5	1000	54,15	945,85	94,585
	10	1000	47,9	952,10	95,210
Plátano maduro	0	1000	55,19	944,81	94,481
	5	1000	48,94	951,06	95,106
	10	1000	45,82	954,18	95,418

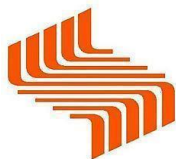
Fuente: Piñero & Rojas (2022)

2. Eficiencia del carbón activo para nitritos

Tabla N°25: Eficiencia de absorción de nitritos

Materia prima inicial (cáscara)	Tiempo ret (min)	Conc. Inicial (ppm)	Conc. Promedio. Final (ppm)	Conc. Absorbida (ppm)	Eficiencia (%)
Arroz	0	10	0,0680	9,932	99,32
	5	10	0,1170	9,883	98,83
	10	10	0,0980	9,902	99,02
Coco	0	10	0,0013	9,9987	99,987
	5	10	0,0105	9,9895	99,895
	10	10	0,0537	9,9463	99,463
Plátano verde	0	10	0,0974	9,9026	99,026
	5	10	0,2370	9,763	97,63
	10	10	0,3970	9,603	96,03

Fuente: Piñero & Rojas (2022)



3. Eficiencia del carbón activo para nitratos

Tabla N°26: Eficiencia de absorción de nitratos

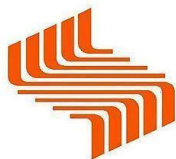
Materia prima inicial (cáscara)	Tiempo ret (min)	Conc. Inicial (ppm)	Conc. promedio. Final (ppm)	Conc. Absorbida (ppm)	Eficiencia (%)
Arroz	0	10	0	10	100
	5	10	0,01	9,99	99,9
	10	10	0	10	100
Coco	0	10	0,31	9,69	96,9
	5	10	0,02	9,98	99,8
	10	10	0,01	9,99	99,9
Plátano verde	0	10	0	10	100
	5	10	0	10	100
	10	10	0	10	100
Plátano maduro	0	10	0,03	9,97	99,7
	5	10	0,08	9,92	99,2
	10	10	0,04	9,96	99,6

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

En resumen, se exponen los porcentajes de eficiencia de cada carbón activado a los diferentes tiempos de retención para la absorción de cloruros, fenoles, nitritos y nitratos.

Tabla N°27: Resumen de eficiencia de absorción del carbón activo en cloruros, nitritos y nitratos.

Materia prima inicial (cáscara)	Tiempo ret (min)	Eficiencia cloruros (%)	Eficiencia nitritos (%)	Eficiencia nitratos (%)
Arroz	0	95,557	99,32	100
	5	95,349	98,83	99,9
	10	95,488	99,02	100
Coco	0	93,613	99,987	96,9



	5	93,891	99,895	99,8
	10	95,488	99,463	99,9
Plátano verde	0	94,168	99,026	100
	5	94,585	97,63	100
	10	95,210	96,03	100
Plátano maduro	0	94,481		99,7
	5	95,106		99,2
	10	95,418		99,6

Fuente: Piñero & Rojas (2022)

De la tabla N° 27 se determinó que en términos generales, los carbones activos obtenidos de las cascarillas de arroz, coco, plátano verde y plátano maduro presentaron capacidades superiores al 90 % en la remoción de cloruros y nitratos. Observándose en las columnas de carbones de coco, plátano verde y plátano maduro que a mayor tiempo de contacto entre el carbón activo y las aguas a filtrar, presenta mayor eficiencia en la remoción de los contaminantes presentes en la muestra, sin embargo, las diferencias entre la eficiencia respecto a un tiempo y otro es mínima.

La remoción de nitritos fue casi total por todos los carbones (exceptuando el de plátano maduro, ya que no pudo realizarse la determinación de este parámetro), apenas quedaron trazas de ellos.

Es de resaltar los resultados arrojados por el carbón activo de cáscara de plátano verde, esta columna, apenas constituida de 15 cm presentó resultados en su eficiencia prácticamente similares al resto de los carbones los cuales poseían 30 cm de altura, para el caso de nitratos presentó un 100% de efectividad a los tres tiempos de retención.



CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

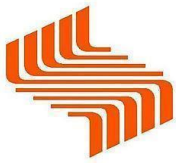
1. Fue posible elaborar carbón activado a partir de la cáscara de coco, la cascarilla de arroz y la cáscara de plátano verde y maduro, con rendimientos de 61,48%, 34,57%, 85,11% y 69,14% respectivamente; mostrando un cambio en sus propiedades físicas antes y después de la activación, se destaca la rugosidad de las muestras después de la activación, sirviendo este como un indicativo de logro en la activación debido a que se traduce como un aumento en la porosidad de las muestras, también se determinó el cambio en el color de las muestras de los carbones antes y después del proceso de activación, cambiando la tonalidad de oscuridad en las mismas.
2. Los resultados obtenidos a través de los diferentes tiempos de retención y de cada carbón activo clasificado en función de su materia prima después de realizar el proceso de filtración por medio de las columnas cromatográficas fueron óptimos de acuerdo a las concentraciones máximas permisibles. En términos generales todos los carbones funcionaron de manera exitosa en la disminución de las concentraciones de los contaminantes.
3. Idealmente se originó la hipótesis que a mayor altura de la columna de carbón existiría mayor contacto de la solución con él y por ende mayor capacidad de absorción de los contaminantes, sin embargo, esta tentativa del problema de investigación fue revocado al observar la parecida eficiencia del plátano verde con respecto a los demás carbones activos, los cuales poseían 15 centímetros



demás que las columnas de plátano verde. Se pudo determinar que el plátano verde pudo remover en su completa totalidad las concentraciones de nitratos en sus tres tiempos de retención (0, 5 y 10 minutos). Así mismo, solo dejó trazas de nitritos. Por su parte, la disminución de cloruros y nitratos fue muy buena, con porcentajes superiores al 90 %.

Recomendaciones

1. En primera instancia, se sugiere obtener la materia prima, la misma debe encontrarse en buenas condiciones y de esta manera tener seguridad de que presente un porcentaje de rendimiento lo más alto posible.
2. Durante el proceso de carbonización es indispensable observar el comportamiento físico de la materia prima, puesto que si la misma se pasa de temperatura puede convertirse en cenizas, por ende el rendimiento de las muestras se vería reducido, y los procesos de laboratorio afectados.
3. Encender 30 minutos la estufa antes de introducir las muestras de carbón predispuestas para activar, la intención es que el equipo se caliente y se encuentre operando a la temperatura requerida al realizar tal proceso.
4. Posterior a la activación del carbón, es indispensable lavar las muestras obtenidas con abundante agua destilada para eliminar cualquier rastro y/o presencia de ácido fosfórico, es primordial que el carbón activo se encuentre puro y libre de sustancias que alteren el pH y las propiedades de la solución a filtrar a través de él.
5. Realizar las mediciones exactas de los reactivos químicos para tener plena seguridad que las concentraciones químicas son las requeridas para los objetos de estudio, además así se garantiza el uso debido y justo de los mismos ya que su adquisición es costosa.
6. Lavar con agua destilada (al menos dos veces) todo el material de cristalería antes y después de cada procedimiento de medición, agitación o retención respectivo para evitar cualquier contaminación de las mismas.
7. Tapar las muestras de filtrados durante el proceso de determinación cuantitativa de los parámetros químicos para cerciorarse que las mismas no sean contaminadas por alguna sustancia o elemento presente en el laboratorio.
8. Antes de realizar cualquier prueba de medición cuantitativa se debe comprobar las concentraciones y porcentajes molares de los reactivos y sustancias a usar para cumplir tal fin.



9. Para realizar las mediciones de absorbancias en el espectrofotómetro, este debe ser encendido al menos dos horas antes de utilizarse y ajustar la temperatura a la que se desea trabajar, con este avance al momento de realizar las mediciones correspondientes ya el equipo se encontrara a las condiciones de trabajo requeridas de manera ajustada.
10. Se sugiere desarrollar proyectos de factibilidad económica para evaluar el tema a escala industrial y su posterior implementación.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ávila, J. (2020). Definición e importancia del coco. Fundación española sobre la importancia del consumo de legumbres. <https://www.fen.org.es/index.php/noticia/el-dia-mundial-de-las-legumbres-pone-en-valor-los-aspectos-nutricionales-saludables-y-de-sostenibilidad-de-este-alimento>. Consultado (20/2/2022).

Vargas, J. Alvarado, P. Porras, M. Vega-Baudrit, J. (2013). Caracterización del subproducto cascarillas de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima en proceso. Universidad de Costa Rica, San José. San José, Costa Rica.

Schlumberger Limited. (2020). Oilfield glossary. Agua producida (gas de lutitas). https://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/p/produced_water.aspx. Consultado (15/1/2022).

Mesa, S. Orjuela, J. Ortega, A. Sandoval, J. (2018). Revisión del panorama actual del manejo de agua de producción en la industria petrolera colombiana. Ingeniería Química, Fundación Universidad de América. Bogotá, Colombia.

Pinto Fuentes Gladys A. (2018). Estudio del potencial uso de cascara de Banana como agente adsorbente. Universidad técnica Federico Santa María departamento de Ingeniería Química y Ambiental.

Navarro, D. (2019). Croquis de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales.

CPL CARBÓN. (2011). métodos y características del carbón activado. <http://www.activated-carbon.com/carbon.html>. Consultado (5/1/2022).

Carrillo, C. (2013). Producción de carbón activado y sílice a partir de cascarilla de arroz - una revisión. Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Fundación Universitaria de San Gil, Yopal, Colombia.

Valero & Núñez (2020). Tratamiento con carbón activado a partir de cáscara de coco para disminución de hidrocarburos totales en efluentes petroleros. Universidad



Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora”. Barinas, Venezuela.

Grau, L. (1982), Organización Dirección y Operaciones Fundamentales en el Laboratorio de Química. Editorial Pueblo y Educación.1982.

Gudiño & Jiménez (2022). Estudio de la eficiencia del carbón activado a partir de la cascarilla de arroz para la disminución de parámetros físico-químicos en aguas de producción. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora”. Barinas, Venezuela.

Severiche Sierra C, Castillo, B. Enrique & Acevedo B, Rosa. Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Agua. Cartagena de Indias. Colombia (2013).

Calderón Meza, Wilma Yenizer. Revisión sistemática y meta-análisis sobre el uso de carbón activado para adsorción de hidrocarburos en aguas contaminadas (2020)

Donaciano Luna, Armando González, Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco (diciembre 2006) México.

Amparo carolina Castañeda Jiménez, procesos de oxidación avanzada aplicados en el tratamiento de aguas de la industria del petróleo. Escuela colombiana de ingeniería “julio Garavito” especialización en recursos hidráulicos y medio ambiente 2014.

Behar, R., Zúñiga, M. del C. y Rojas, O., 1997. "Análisis y valoración del índice de calidad de agua (ICA) de la NSF: El caso de los ríos Cali y Meléndez (Cali - Colombia)", Seminario Internacional sobre Macro invertebrados Bentónicos como Bioindicadores de la Calidad del agua, Cali - Colombia.

F. Rodríguez Reinoso y M. Molina Sabio Departamento de Química Inorgánica. Universidad de Alicante. España. El carbón activado en procesos de descontaminación



Sandra Liliana Mesa, Johana Milena Orjuela. Revisión del panorama actual del manejo de agua de producción en la industria petrolera colombiana

Fabiola Arrocha, Cecilia Guevara, Marelissa González. Evaluación de filtros de carbón activado basado en cáscaras de frutas (piña, plátano, coco, naranja) Marzo · 2019.

Instructivo de ensayo de nitratos método de escaneo espectrofotométrico ultravioleta sm 4500-no3 b. ed. 23, 2017.

Instructivo de ensayo determinación de cloruros 4500-cl- b método argentometrico Fecha: 21/10/2020.

Instructivo de ensayo determinación de nitritos por colorimetría. s.m. 4500-no2 - .b.

Tomás Darío Marín-Velásquez, Capacidad de retención de hidrocarburos del endocarpio de coco en aguas aceitosas. 2021-01-01

Simón rubio granados, francisco granadoscorrea y Jaime Jiménez Becerril. Retención de fenol en solución acuosa sobre carbón activado y zeolita x. Apartado Postal 181027, México 11801.



ANEXOS

Anexo: N°1 Casara de coco antes de carbonizar



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Anexo: N°2 Cascarilla de arroz carbonizada



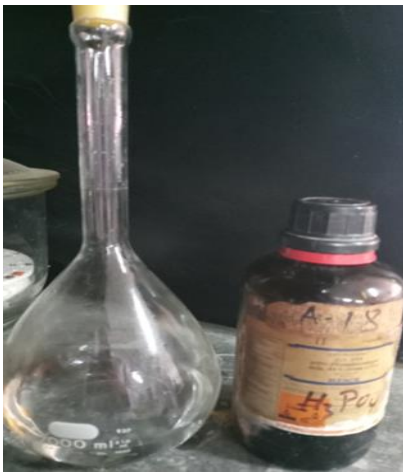
Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Anexo: N°3 Cascara de plátano carbonizada



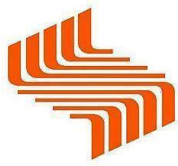
Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Anexo: N°4 Ácido fosfórico



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Anexo: N°5 Preparación de ácido fosfórico al 4%

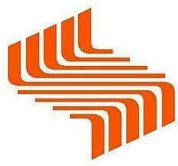


Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Anexo: N°6 Añadiendo solución de ácido fosfórico al carbón



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

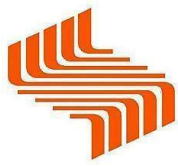


Anexo: N°7 Muestra de carbón sumergida en la solución de ácido fosfórico



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Anexo: N°8 Visualización del carbón antes de extraer de la estufa



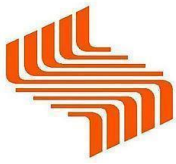
Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Anexo: N°9 Lavado del carbon activado



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Anexo: N°10 Columnas de filtración



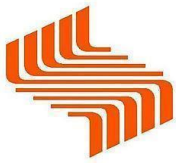
Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Anexo: N°11 Extracción de muestras filtradas para analizar



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Anexo: N°12 muestras filtradas y posteriormente tituladas



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Anexo: N°13 PH-metro



Fuente: Piñero & Rojas (2022)

Anexo: N°14 Espectrofotómetro



Fuente: Piñero & Rojas (2022)