



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO
A PARTIR DE CÁSCARA DE JACKFRUIT (*artocarpus
heterophyllus*) MEDIANTE ACTIVACIÓN ÁCIDA Y BÁSICA”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: ANABETH MISHALL SILVA VILLAGÓMEZ

DIRECTORA: Ing. LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS Msc.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2020, **Anabeth Mishell Silva Villagómez**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Anabeth Mishell Silva Villagómez, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 16 de diciembre de 2021

ANABETH
MISHELL SILVA
VILLAGOMEZ



Firmado digitalmente
por ANABETH MISHELL
SILVA VILLAGOMEZ
Fecha: 2022.02.21
01:10:18 -05'00'

Anabeth Mishell Silva Villagómez

0604070730

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Proyecto de Investigación, **“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE CÁSCARA DE JACKFRUIT (*artocarpus heterophyllus*) MEDIANTE ACTIVACIÓN ÁCIDA Y BÁSICA”** realizado por la señorita : **ANABETH MISHELL SILVA VILLAGÓMEZ** , ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Mabel Mariela Parada Rivera PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 <small>Firmado electrónicamente por: MABEL MARIELA PARADA RIVERA</small>	2021-12-16
Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos Msc. DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 <small>Firmado digitalmente por:LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS DN: cn=LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS, o=EC, ou=SECURITY DATA S.A., c=ESTADIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION Moto: Soy el autor de este documento Fecha: 2022-02-20 11:13:05:00</small> LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS	2021-12-16
Ing. Mónica Lilian Andrade Avalos MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 <small>Firmado electrónicamente por: MONICA LILIAN ANDRADE AVALOS</small>	2021-12-16

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas aquellas personas que tuvieron confianza en mí y mis capacidades, especialmente a mi familia, mi mamá, mi papá y mi hermana, que durante el camino no me dejaron rendirme y siempre estuvieron junto a mí en los éxitos y los fracasos. A Dios y a la virgen que sin su fortaleza y guía no hubiese podido llegar a donde estoy.

Anabeth

AGRADECIMIENTO

Agradezco mucho a mis compañeros de estudio que sin ellos no hubiese sido posible llegar hasta aquí, a mis maestros que siempre estuvieron prestos a aclarar cualquier clase de duda y a incentivar me cuando algo se complicaba durante el camino, finalmente agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme sus puertas y brindarme grandes oportunidades.

Anabeth

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	2
1.1. Identificación del problema.....	2
1.2. Justificación de la investigación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Antecedentes de la investigación.....	3
1.4.1. Antecedentes.....	3
1.5. Bases Teóricas.....	4
1.5.1. Jackfruit.....	4
1.5.1.1. Composición Química y Principios activos.....	5
1.5.1.2. Biología y ecología del Jackfruit.....	6
1.5.1.3. Variedades de artocarpus.....	7
1.5.2. Cáscara de Jackfruit.....	7
1.5.3. Valor agregado de residuos lignocelulósicos.....	8
1.5.4. Carbonización de biomasa.....	8
1.5.4.1. Pretratamientos.....	8
1.5.4.2. Trituración y molienda.....	10
1.5.4.3. Carbonización.....	10
1.5.5. Carbón Activado.....	11
1.5.5.1. Clasificación de acuerdo a su estructura.....	11
1.5.5.2. Propiedades.....	12
1.5.5.3. Características físico-químicas del carbón activado.....	13
1.5.5.4. Química superficial de carbones activados.....	14

1.5.6.	<i>Procesos de Activación de Carbón</i>	14
1.5.6.1.	<i>Activación Química</i>	14
1.5.7.	<i>Prueba de cenizas del carbón activado</i>	15

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	16
2.1.	Hipótesis General	16
2.2.	Hipótesis Específicas	16
2.3.	Identificación de Variables	16
2.4.	Operacionalización de Variables	17
2.5.	Matriz de consistencia	18
2.6.	Tipo y diseño de investigación	19
2.6.1.	<i>Metodología</i>	19
2.6.1.1.	<i>Método deductivo</i>	19
2.6.1.2.	<i>Método cuantitativo</i>	19
2.7.	Unidad de Análisis	19
2.8.	Población de Estudio	19
2.9.	Tamaño de Muestra	19
2.10.	Selección de muestra	20
2.11.	Técnicas de Recolección de Datos	20
2.11.1.	<i>Tiempo y temperatura de carbonización del jackfruit</i>	20
2.11.2.	<i>Determinación de contenido de humedad de la materia prima, cáscara de jackfruit</i>	20
2.11.3.	<i>Método de ensayo de secado de cáscara de artocarpus heterophyllus</i>	21
2.11.4.	<i>Método de ensayo de carbonización de cáscara jackfruit</i>	21
2.11.5.	<i>Método de ensayo de activación de carbón</i>	22
2.11.6.	<i>Método de ensayo de activación de carbón</i>	22
2.11.7.	<i>Prueba de FTIR de Fourier</i>	23

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	24
3.1.	Datos obtenidos del proceso de carbonización	24
3.1.1.	<i>Primera Carbonización</i>	24
3.1.2.	<i>Segunda Carbonización</i>	25
3.2.	Cenizas del Jackfruit	26

3.2.1.	Cenizas en la primera carbonización	26
3.2.2.	<i>Cenizas en la segunda carbonización</i>	27
3.3.	Humedad del Jackfruit	27
3.3.1.	<i>Análisis estadístico de la humedad</i>	27
3.4.	Activación del carbón de Jackfruit.....	31
3.4.1.	<i>Diseño experimental para la activación de carbón</i>	31
3.4.2.	<i>Preparación de solución de H₃PO₄</i>	31
3.4.3.	<i>Preparación de solución de Zn Cl₂</i>	31
3.4.4.	<i>Resultados de pH después de lavado</i>	32
3.4.5.	<i>pH final de las soluciones de cadmio con H₃ PO₄</i>	32
3.5.	FTIR del carbón de Jackfruit.....	35
CONCLUSIONES.....		36
RECOMENDACIONES.....		37
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Partes del jackfruit con sus características	5
Tabla 2-1:	Factor climático para producción de jackfruit.....	7
Tabla 1-2:	Identificación de variables.....	16
Tabla 2-2:	VARIABLES INDEPENDIENTES.....	17
Tabla 3-2:	Matriz de consistencia	18
Tabla 4-2:	Método de obtención de datos de tiempo y temperatura de carbonización del <i>Artocarpus heterophyllus</i>	20
Tabla 5-2:	Determinación del contenido de humedad del jackfruit.....	20
Tabla 6-2:	Método de ensayo de secado de cáscara de <i>Artocarpus heterophyllus</i>	21
Tabla 7-2:	Método de ensayo de carbonización de cáscara de jackfruit.....	21
Tabla 8-2:	Método de ensayo de activación de carbón con ácido fosfórico	22
Tabla 9-2:	Método de ensayo de activación de carbón con Cloruro de Zinc	22
Tabla 10-2:	Método para determinar el espectro FTIR por transformada de Fourier	23
Tabla 1-3:	Características del Jackfruit.....	24
Tabla 2-3:	Primera carbonización del Jackfruit	24
Tabla 3-3:	Rendimiento de la primera carbonización del Jackfruit	25
Tabla 4-3:	Características del Jackfruit.....	25
Tabla 5-3:	Segunda carbonización del Jackfruit	26
Tabla 6-3:	Eficiencia del proceso del segundo proceso de carbonización	26
Tabla 7-3:	Cenizas para la primera carbonización	26
Tabla 8-3:	Cenizas para la segunda carbonización.....	27
Tabla 9-3:	Humedad.....	27
Tabla 10-3:	Estadística para la humedad del Jackfruit	27
Tabla 11-3:	Estadística para la humedad del Jackfruit	28
Tabla 12-3:	ANOVA para humedad por tratamientos.....	28
Tabla 13-3:	Medias para humedad por tratamientos con intervalos de confianza del 95.0% ..	29
Tabla 14-3:	Múltiple rangos para humedad por tratamientos	29
Tabla 15-3:	Múltiple rangos para humedad % por tratamientos.....	30
Tabla 16-3:	Condiciones de activación	31
Tabla 17-3:	Proceso de preparación de solución de H_3PO_4	31
Tabla 18-3:	Proceso de preparación de $ZnCl_2$	32
Tabla 19-3:	pH de los carbones después del lavado	32
Tabla 20-3:	Resultados de pH final para los tratamientos con H_3PO_4	32
Tabla 21-3:	Resultados de pH final para los tratamientos con $ZnCl_2$	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Fruto del árbol de Jackfruit.....	5
Figura 2-1: Composición química del Jackfruit	6
Figura 3-1: Variedades de artocarpus.....	7
Figura 4-1: Estructura de un secador de bandejas	9
Figura 5-1: Balanza para medición de humedad	10
Figura 6-1: Reactor de Pirólisis catalítica	11
Figura 7-1: Clasificación de los poros por su tamaño (terminología IUPAC).....	12
Figura 8-1: Clasificación del carbón activado por el tamaño del grano.....	12
Figura 9-1: Composición química del carbón activado	13
Figura 10-1: Química superficial de carbón activado.....	14

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1: Composición general del fruto de Jackfruit.....	7
Gráfico 1-3: Dispersión de la humedad.....	28
Gráfico 2-3: ANOVA para humedad.....	29
Gráfico 3-3: Medias para humedad	30
Gráfico 4-3: Comparación de pH	33
Gráfico 5-3: Cambio de pH en función del tiempo.....	34
Gráfico 6-3: pH en función del tiempo.....	34
Gráfico 7-3: FTIR Jackfruit.....	35

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PREPARACIÓN DE SOLUCIONES

ANEXO B: ACTIVACIÓN DE CARBÓN

ANEXO C: ACTIVACIÓN DE CARBÓN

ANEXO D: ANÁLISIS IR

ANEXO E: SOLUCIONES DE CADMIO

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue obtener carbón activado a partir de cáscara de jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) mediante activación ácida y básica. Un vez secada y triturada la piel del fruto, ingresan al reactor batch 389,78g de la cáscara molida para la primera carbonización y 352,30g para la segunda, a temperatura de carbonización de 450 grados Celsius. Para el proceso de activación se necesitó un total de 420ml de H₃PO₄ y 280ml de ZnCl₂ en soluciones acuosas. En la caracterización del carbón activado se emplearon técnicas de Espectroscopía Infrarroja FTIR para identificar presencia de grupos funcionales. La capacidad de adsorción del carbón en función del pH inició con un lavado, añadiendo gotas de una solución de Na(OH) obteniendo los pH de los carbones lavados y posteriormente se identificaron los resultados de pH final de las soluciones de cadmio con ZnCl₂ y H₃PO₄ a distintos tiempos de agitación. El rendimiento del proceso fue 34,02%. Para la activación del carbón resultó como mejor activante el ZnCl₂ en función del cambio de pH de las soluciones de cadmio filtradas. Se confirma con FTIR que la activación con ZnCl₂ se observa como señal inicial el número de onda de 1867.72cm⁻¹ siendo una región de la línea de base donde se producen pocas bandas de adsorción. La banda más común fue para el CO₂ atmosférico, no se evidenció la presencia de grupos R-OH. El análisis de adsorción concluyó que el carbón activado por ZnCl₂ mantuvo los pH dentro del rango, una desviación estándar de 1,27 de pH y una menor dispersión en los resultados. La utilidad de carbón activado para el desarrollo de nuevas técnicas de tratamientos de agua en base a materia prima orgánica hoy en día es importante. Se recomienda otorgar un valor agregado a residuos agrícolas para la obtención de nuevos productos.

Palabras clave: <RESIDUOS DE JACKFRUIT (*Artocarpus heterophyllus*)>, <CARBÓN ACTIVADO>, <AGENTES QUÍMICOS>, <GRUPOS FUNCIONALES>, <ADSORCIÓN>, <RENDIMIENTO DE PROCESO>.

LEONARDO
FABIO
MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por
LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN):
c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL
ECUADOR, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=0000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA
NUSTE
Fecha: 2021.09.13 12:42:14 -05'00'



1778-DBRA-UTP-2021

SUMMARY

The objective of this research was to obtain activated carbon from jackfruit (*artocarpus heterophyllus*) peel by acid and basic activation. Once the jackfruit peel was dried and crushed, 389.78g of the ground peel were introduced into the batch reactor for the first carbonization and 352.30g for the second, at a carbonization temperature of 450 degrees Celsius. A total of 420ml of H₃PO₄ and 280ml of ZnCl₂ in aqueous solutions were needed for the activation process. In the characterization of the activated carbon, FTIR Infrared Spectroscopy techniques were used to identify the presence of functional groups. The adsorption capacity of the carbon as a function of pH started with a wash, adding drops of a Na(OH) solution, obtaining the pH of the washed carbons and subsequently the final pH results of the cadmium solutions with ZnCl₂ and H₃PO₄ at different agitation times were identified. The yield of the process was 34.02%. For carbon activation, ZnCl₂ was found to be the best activator as a function of the pH change of the filtered cadmium solutions. It is confirmed with FTIR that in the activation with ZnCl₂ the wave number 1867.72cm⁻¹ is observed as initial signal being a region of the baseline where few adsorption bands occur. The most common band was for atmospheric CO₂, the presence of R-OH groups was not evidenced. Adsorption analysis concluded that ZnCl₂-activated carbon maintained the pH within range, a standard deviation of 1.27 pH and minor dispersion in the results. The usefulness of activated carbon for the development of new water treatment techniques based on organic raw material is important nowadays. It is recommended to give an added value to agricultural residues to obtain new products.

Keywords: <JACKFRUIT RESIDUES (*artocarpus heterophyllus*)>, <ACTIVATED CHARCOAL>, <CHEMICAL AGENTS>, <FUNCTIONAL GROUPS>, <ADSORPTION>, <PROCESS PERFORMANCE>.



Firmado electrónicamente por:

ANA GABRIELA
REINOSO
ESPINOSA

INTRODUCCIÓN

El uso de carbones con estructuras porosas muy desarrolladas, se empleaba carbón vegetal como material adsorbente, es decir maderas parcialmente desvolatizadas. El carbón vegetal ha tenido gran aplicación en determinadas prácticas médicas, este uso primitivo se dio en el año de 1550 a.C. en Tebas (Grecia). Posteriormente en el año 400 a.C. Hipócrates menciona al carbón vegetal y lo recomienda en la filtración de agua para eliminar olores, sabores y prevención de enfermedades. De la misma forma, respecto a su aplicación como filtrante de agua, en el año 450 a.C. en los barcos fenicios se almacenaba agua en barriles de madera internamente carbonizada con el fin de prolongar el suministro, esto se prolongó hasta el siglo XVIII en los viajes transoceánicos (Universidad de Sevilla, 2020, p.27).

En 1793 se da la primera aplicación documentada por el Dr. D. M. Kehl en donde se utiliza del carbón vegetal en fase gaseosa para mitigar olores emanados por la gangrena y también se recomienda para procesos de filtración de aguas.

La primera aplicación industrial del carbón activado fue en Inglaterra en el año de 1794 en donde sirvió como decolorante en la industria azucarera, no se conoció esta aplicación hasta el año de 1812 donde apareció la primera patente. En 1854 se da la primera aplicación a gran escala en fase gas del carbón activado, cuando el alcalde de Londres da la orden para que se instalen filtros de carbón vegetal en sistemas de ventilación de las cloacas. En el año de 1872 aparecen las primeras máscaras de filtros de carbón activado utilizadas para evitar la inhalación de mercurio dentro de la industria química.

R. Von Ostrejko que fue considerado el inventor del carbón activo desarrolla nuevos métodos para la producción de este llegando más allá de simples carbonizados de materiales orgánicos o carbón vegetal. Posteriormente en el año de 1901 patentó dos métodos que consistían en la carbonización de materiales lignocelulósicos con cloruros de metales, este método hoy en día es conocido como activación química, el segundo método proponía una gasificación de materiales previamente carbonizados con vapor de agua o dióxido de carbono, esta es la llamada activación física o térmica.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Identificación del problema

La actividad agroindustrial en Ecuador constituye uno de los sectores más importantes en la economía nacional, no obstante, este beneficio ha traído consigo una considerable extracción de subproductos y residuos agrícolas dándose una acumulación de desechos y originando problemas ambientales, logísticos y económicos, un claro ejemplo de ello son las cáscaras de frutos de consumo directo, en este caso el jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*).

Actualmente no existen estudios de obtención de carbón activado a partir del residuo sólido de jackfruit a pesar de ser un material rico en carbono con propiedades útiles para su producción, por ello se aspira brindar una alternativa para proporcionar un valor agregado a este residuo, beneficiando a la agroindustria en el manejo ambiental de desechos y a quienes consuman el producto final obtenido.

1.2. Justificación de la investigación

La contaminación del agua por metales pesados tóxicos es un gran problema ambiental alrededor del mundo. El Cadmio, Mercurio, Plomo, Cromo y Arsénico constituyen un grupo serio de peligrosos metales pesados y los cuales son de gran interés para los ambientalistas.

Ya que todos ellos tienen efectos adversos sobre el entorno. De manera específica se menciona al Cadmio, ya que los mayores generadores de este elemento son las industrias dedicadas a la electroplastia, esmaltado, manufactura de aleaciones metálicas, pigmentos, plásticos y baterías. El Cadmio rápidamente se acumula en sistemas vivos, teniendo efectos adversos sobre la salud, causando desordenes renales, insuficiencias pulmonares, lesiones óseas, cáncer e hipertensión en el hombre.

Las primeras investigaciones dedicadas a la remoción de Cadmio se enfocaron al uso de agentes químicos, los cuales provocan una precipitación química, así también se estudiaron los métodos de intercambio iónico, filtración, tecnologías de membrana y otros. En los últimos años se explorado el método de adsorción química empleando diversos biomateriales, los cuales atrapan al Cadmio para removerlo del agua residual.

Esta problemática ha sido detectada en el pasado inmediato, por lo cual se han desarrollado varias propuestas de solución, pero desgraciadamente la mayoría de ellas no presentaron un cien por

ciento de eficiencia en la remoción del Cadmio, por lo cual esta propuesta de investigación plantea que este tratamiento sea a manera final por así decirlo un método de pulimiento ya sea de manera insitu en los procesos de dichas empresas o por medio de la planta tratadora de aguas que también se ubica cerca de este parque industrial.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Obtener carbón activado a partir de cáscara de Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) mediante activación química.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar los agentes químicos activantes ácidos o básicos en el proceso de obtención de carbón activado.
- Caracterizar el carbón activado obtenido mediante el uso de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)
- Evaluación de la capacidad de absorbancia en función del pH

1.4. Antecedentes de la investigación

1.4.1. Antecedentes

La agroindustria genera alimentos o materias primas semi-elaborados destinadas al mercado (Saval, 2012). La industrialización o comercialización en fresco de los productos del campo como frutas, vainas y verduras generan subproductos o residuos que ya no son de utilidad en los procesos iniciales ni para su consumo directo, pero si susceptibles a un aprovechamiento y transformación que permita generar otro producto.

Nuestro país a pesar de contar con los instrumentos necesarios y los expertos adecuados aún carece de buenas estrategias de aprovechamiento de residuos, a diferencia de países desarrollados en donde estos son tratados como materia prima para la elaboración de otros productos. Por ello, la valorización de residuos alimentarios hoy en día tiene un enfoque muy atractivo con una acogida creciente de popularidad que ofrece alternativas distintas y útiles para tratar desechos.

En general, las características de los residuos agroindustriales son muy variadas, dependen de la materia prima y del proceso que los generó, no obstante, comparten una característica principal que es el contenido de materia orgánica, constituida por diferentes porcentajes de celulosa, lignina, hemicelulosa y pectina (Saval, 2012, p.37). El valorizar los componentes de los residuos alimentarios podría dar lugar a numerosas posibilidades para la obtención de productos de valor agregado (Luque R, Clark J, 2013), en este caso la cáscara de jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*), un fruto silvestre que se puede encontrar en la Amazonía ecuatoriana será utilizado como precursor para la producción de carbón activado.

La cáscara de jackfruit es un material lignocelulósico por lo tanto presenta una adecuada capacidad de adsorción. Los materiales lignocelulósicos han sido utilizados ampliamente para la elaboración de carbón activado, entre estos también se pueden mencionar a la fibra de coco, la corteza de plátano, la cáscara de arroz, así como también el bambú y aserrín de maderas, el bagazo de la caña de azúcar, entre otros materiales biológicos (Solís J, Morales M, Ayala R, 2012, p 15).

Actualmente no existen estudios de obtención de carbón activado a partir del residuo sólido de jackfruit a pesar de ser un material rico en carbono con propiedades útiles para su producción, por ello se aspira brindar una alternativa que permite darle un uso importante a este desecho sólido, beneficiando a la agroindustria en el manejo ambiental de residuos y a quienes consuman el producto final obtenido.

1.5. Bases Teóricas

1.5.1. Jackfruit

El *Artocarpus heterophyllus*, también conocido como yaca pertenece a la familia de las moráceas y según informes es originario de las selvas tropicales de Malasia y los Ghats occidentales de India. El jackfruit ha sido cultivado y neutralizado en diversas partes de los trópicos como Birmania, Indonesia, China, Filipinas Sri Lanka y Tailandia, también se ha podido introducir en gran parte de islas del Pacífico hallándose en jardines de fincas familiares debido a que a diferencia de otras especies de *Artocarpus* este es fácil de cultivar y adaptarse (Elevitch & Manner, 2006). En Ecuador, existen plantaciones de jackfruit en el Oriente ecuatoriano, Puerto Quito, Santo domingo, Quevedo y lugares específicos de la provincia del Guayas.

Características

- ✓ El jackfruit es cultivado en climas cálidos y tropicales.
- ✓ El pH estimado del suelo para cultivar jackfruit es de 5,5 a 6,5
- ✓ Los suelos deben tener buen drenaje como los arenosos, rocosos o calcáreos.

- ✓ Sus árboles miden entre 2 a 10 metros de alto.
- ✓ Sus hojas son ovaladas o elípticas, color verde oscuro, alcanzan de 2-30 cm de largo y de 2-15 cm de ancho.
- ✓ Posee cáscara rugosa o gruesa.
- ✓ Proceso de cosecha entre 2 a 3 meses posterior a la floración
- ✓ La coloración de la pulpa es color ámbar, amarilla o naranja.
- ✓ La semilla tiene forma ovalada con un tamaño promedio de 2-3 centímetros de longitud.
- ✓ Se producen entre 30 a 500 semillas por fruto, dependiendo del tamaño.
- ✓ Alcanza un peso entre 10-30 Kg que incluye:
- ✓ Los bulbos, representan el 30% del peso del peso total de la fruta.
- ✓ Las semillas (envueltas en los bulbos)
- ✓ La piel, corteza, corazón
- ✓ Partes florales no fertilizadas (Simba, 2014).



Figura 1-1: Fruto del árbol de Jackfruit

Fuente: (Jiménez, 2018).

Tabla 1-1: Partes del jackfruit con sus características

Partes de la fruta	Características		
	Color	Forma	Sabor
Fruta	Verde amarillo	Ovalada	Dulce
Los bulbos	Amarillo	Ovalados	Sabor a plátano
Semillas	Marrón claro	Lisa, ovalada	Lechoso, dulce

Fuente: (Simba, 2014).

1.5.1.1. Composición Química y Principios activos

El jackfruit posee la siguiente composición química:

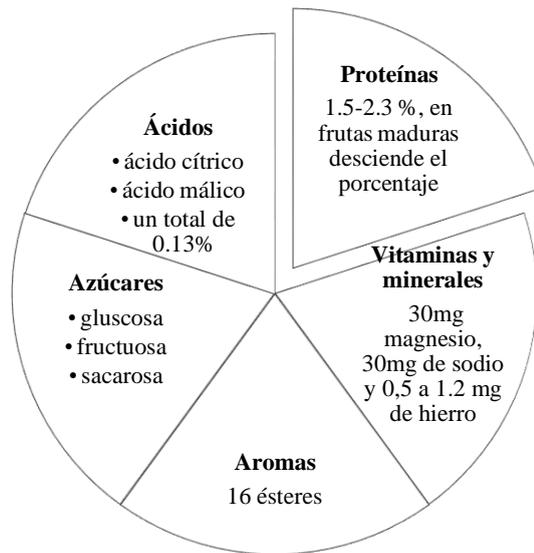


Figura 2-1: Composición química del Jackfruit

Fuente: (Saval, 2012).

Se ha demostrado que contiene varias clases químicas como:

- ✓ Carotenoides
- ✓ Ácidos volátiles
- ✓ Flavonoides
- ✓ Taninos
- ✓ Esteroles

El fruto contiene:

- ✓ β -caroteno
- ✓ α -caroteno
- ✓ β -zeacaroteno
- ✓ α zeacaroteno
- ✓ β -caroteno5,6 α -epóxido
- ✓ carotenoide dicarboxílico y crocetina (Carvajal, 2018)

1.5.1.2. Biología y ecología del Jackfruit

Respecto a las condiciones climáticas óptimas para la producción de Jackfruit

Tabla 2-1: Factor climático para producción de Jackfruit

Factor Climático	Mínimo	Máximo	Unidad
Altitud		1600	m.s.n.m.
Precipitación Anual	1000	2400	mm
Temperatura	16	28	°C

Fuente: (Simba, 2014).

1.5.1.3. Variedades de Artocarpus

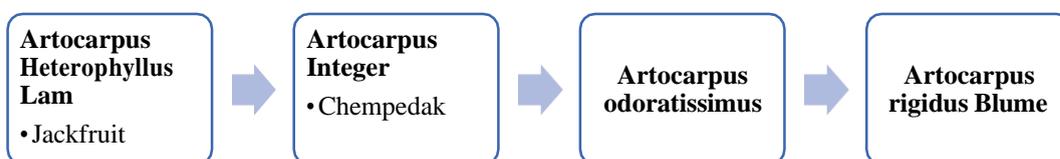


Figura 3-1: Variedades de Artocarpus

Fuente: (Simba, 2014).

1.5.2. Cáscara de Jackfruit

La cáscara del fruto de *Artocarpus heterophyllus* constituye una fuente importante de biomasa lignocelulósica, aunque no ha tenido muchos usos para un tipo de proceso de valor agregado por las escasas investigaciones del desecho sólido del fruto.

El fruto de jaca contiene un 58% de cascara leñosa y 42% de semilla como muestra el gráfico a continuación:

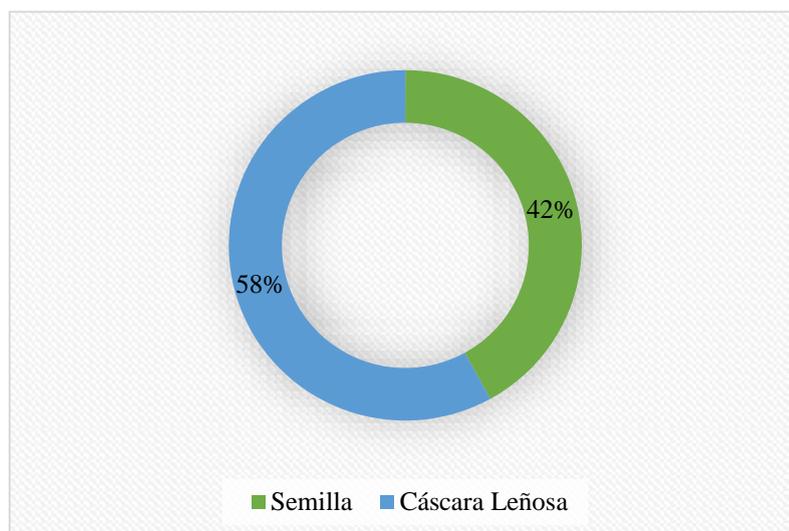


Gráfico 1-1: Composición general del fruto de Jackfruit

Fuente: (Balarezo, 2015).

1.5.3. Valor agregado de residuos lignocelulósicos

La creciente preocupación sobre la contaminación ambiental ha permitido generar alternativas para controlar el manejo de desechos sólidos. En este caso el enfoque son los residuos lignocelulósicos obtenidos del Jackfruit debido a que este fruto posee una gran cantidad de cáscara leñosa.

Hoy en día un método de control de residuos es la precipitación, pero al tratarse de sólidos en este caso se genera un problema. Cáscaras de frutas y hortalizas han sido utilizadas como materia prima en la elaboración de alimentos balanceados y abonos orgánicos, así como también para elaboración de biocombustibles.

La cáscara de Jackfruit ha sido utilizada como precursor para elaboración de harinas, sin embargo, no hay investigaciones en donde muestren otro tipo de empleo de este desecho, por ello el valor agregado que se le brinda en este trabajo es como biomasa precursora de elaboración de carbón activado.

1.5.4. Carbonización de biomasa

La carbonización de biomasa ha sido un tema de relevancia dentro de las actividades humanas sobre todo desde el momento en que se descubrió la necesidad e importancia del biocarbón distinguiéndose sobre el carbón mineral.

Es necesario señalar aquellos procedimientos que se deben realizar antes de la carbonización de la biomasa, estos son los llamados pretratamientos.

1.5.4.1. Pretratamientos

Secado. – Consiste en una operación que permite la eliminación de humedad en forma de vapor, este proceso implica transferencia de calor y transferencia de masa (Ruiz, 2016, p. 45). Para tener un control adecuado en el secado es necesario escoger y clasificar las cáscaras, la ventaja de esta operación es que permite frenar la descomposición del residuo sólido y facilita de forma notoria la molienda de este (Perez, Copacalle, Chura, Rico, & Escalente, 2014) Para realizar correctamente el proceso es necesario tener en cuenta las siguientes variables:

- ✓ Humedad relativa del aire.
- ✓ Temperatura del aire.
- ✓ Peso de las cascarras antes, durante y después del secado.
- ✓ Humedad de las cascarras.

✓ Tiempo de secado (Perez, Copacalle, Chura, Rico, & Escalente, 2014).

El secado se lo realiza generalmente en un secador de bandejas, como se ve a continuación en la imagen:

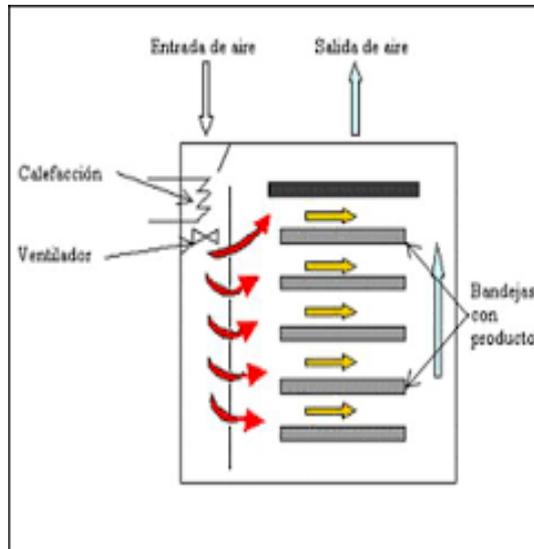


Figura 4-1: Estructura de un secador de bandejas

.....Fuente: (Galvez, 2016).

El secador de bandejas o también llamado secador de anaqueles es un equipo aislado, contiene bandejas ya sean cuadradas o de forma rectangular con una profundidad de 10- mm. Estos equipos son fabricados con material compatible con las condiciones de temperatura y de corrosión prevalecientes (Ruiz, 2016, p. 45).

Prueba de contenido de humedad de la cáscara seca

Esta prueba se la realiza mediante una balanza de medición de humedad en donde se determina la sustancia seca que ha quedado después de realizar una operación de secado con energía infrarroja de la sustancia total que ha sido previamente pesada y de esta manera calcula así la humedad de la masa pesada húmeda. Mientras este proceso se realiza en la pantalla del aparato se puede visualizar como va disminuyendo el contenido de la humedad (PCE ibérica S.L, s.f)

A continuación, se muestra una fotografía de la balanza de medición de humedad:



Figura 5-1: Balanza para medición de humedad

Fuente: (PCE ibérica S.L., s.f).

1.5.4.2. Trituración y molienda

Permite obtener un tamaño adecuado del precursor, es recomendable que sea molido hasta obtener un polvo lo más fino posible que facilite el procedimiento al ingresar al reactor.

1.5.4.3. Carbonización

En este punto el precursor es sometido a altas temperaturas en un reactor con ausencia de aire para eliminar sustancias volátiles y dejar como resultado un residuo carbonoso que se someta a la activación (Universidad de Sevilla, 2020, p.27). Este proceso de carbonización se lo realiza a un tiempo determinado y adecuado de acuerdo con la biomasa seleccionada.

Condiciones de operación del reactor:

400-550 grados centígrados (aunque estos reactores permiten temperaturas máximas de 900°C)

Tiempo: entre 100-120 minutos

Estas condiciones de acuerdo con la biomasa seleccionada.



Figura 6-1: Reactor de Pirólisis catalítica

Realizado por: Silva, A. 2020.

1.5.5. Carbón Activado

La primera guerra mundial fue el punto de partida para la industria del carbón activado ya que surgió la necesidad urgente de generar filtros para las máscaras de gas. A partir de este momento, tuvo lugar el desarrollo de multitud de carbones activos para aplicaciones más diversas: depuración de gases y aguas, aplicaciones médicas, soporte de catalizadores, etc (Universidad de Sevilla, 2020, p.27).

En la actualidad el empleo de carbón activado es ampliamente importante dentro de las industrias químicas, azucareras, farmacéuticas, entre otras. Cabe recalcar también la importancia en tratamientos de aguas residuales y potables, debido a su capacidad como adsorbente de diversas sustancias y la facilidad para regenerarse con el fin de ser reutilizado.

1.5.5.1. Clasificación de acuerdo a su estructura

Los carbones activados por difracción de rayos x se clasifican en dos tipos:

- Primer tipo de estructura. - formada por microcristalitas que en dos tipos de planos son muy parecidas al grafito y constituidas por capas paralelas de átomos de carbono con un orden hexagonal.
- Segundo tipo de estructura. – retículo tridimensional de hexágonos de carbono ordenados al azar, este desorden se da debido a las estructuras bencénicas condensadas que se forman durante la carbonización.

Los espacios vacíos que se encuentran entre los microcristales se denominan poros. A continuación, se detalla una clasificación de los poros de acuerdo con su tamaño según la terminología IUPAC:

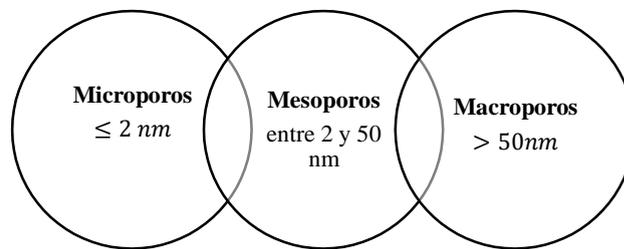


Figura 7-1: Clasificación de los poros por su tamaño (terminología IUPAC)

Realizado por: Silva, Anabeth. 2020.

La clasificación del carbón activado de acuerdo con el tamaño del grano es:



Figura 8-1: Clasificación del carbón activado por el tamaño del grano

Fuente: (Universidad de Sevilla, 2020, p.27).

1.5.5.2. Propiedades

Existen dos características específicas en las que se basan las aplicaciones del carbón activado:

- ✓ Capacidad de eliminación de sustancias. – juega un papel significativo la superficie interna y el tamaño de los poros, los microporos confieren una elevada superficie y buena capacidad de retención, por otro lado, los macroporos y mesoporos retienen moléculas de gran tamaño y favorece en el acceso y difusión de moléculas a la superficie interna del sólido.
- ✓ Baja selectividad de retención. – el carbón activado es de naturaleza apolar y debido a las fuerzas que se aplican en el proceso de adsorción este retiene de preferencia moléculas apolares y con alto volumen molecular, un ejemplo de ello son los hidrocarburos, fenoles, colorantes, entre otros.

Las propiedades adsorbentes de un carbón activado no dependen únicamente de la superficie y la porosidad. En particular, las sustancias polares se retienen débilmente sobre la superficie (apolar) del carbón. En estos casos, la fijación al carbono de “heteroátomos”, principalmente oxígeno e hidrógeno, formando estructuras o grupos funcionales tipo ácido carboxílico, lactosas,

carbonilo, etc., elevan la afinidad de las sustancias polares por la superficie del adsorbente y pueden imprimir un carácter ácido-base al carbón (Universidad de Sevilla, 2020, p.27).

Por último, cuando la sustancia que se desea eliminar esta muy diluida en el aire, tiene bajo volumen molecular y apreciable polaridad, a temperatura ambiente la retención del carbón activado solo será posible si se aprovechan las propiedades catalíticas del carbón y se impregna con reactivos específicos para el proceso. Así es como después de la adsorción quedan retenidos en la porosidad del carbón productos inertes que antes eran tóxicos.

1.5.5.3. Características físico-químicas del carbón activado

Composición química. - desde el punto de vista químico el carbón activado es un carbón prácticamente puro que posee la propiedad de adsorber, es decir, un fenómeno fisicoquímico que permite a un sólido llamado adsorbente atrapar en sus paredes cierto tipo de moléculas llamados adsorbatos que se encuentran contenidas en un líquido o un gas.

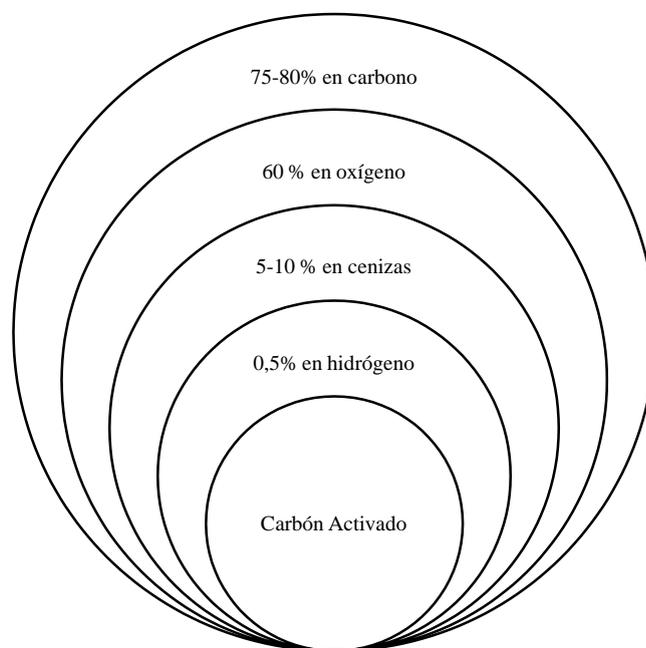


Figura 9-1: Composición química del carbón activado

Realizado por: Silva, Anabeth. 2020.

- ✓ Estructura física. - físicamente el carbón activado como se mencionó anteriormente posee una estructura microcristalina similar a la del grafito, esta estructura da lugar a que se formen poros, ya sean micro, macro o mesoporos.

1.5.5.4. Química superficial de carbones activados.

A continuación, se muestra la Representación esquemática de los principales grupos superficiales que pueden encontrarse en un carbón. La mayoría de estos grupos son grupos oxigenados, debido a la tendencia de los carbones a oxidarse incluso a temperatura ambiente. Los electrones deslocalizados de los orbitales π juegan un papel muy importante en la química superficial de los carbones (Universidad de Sevilla, 2020, p.27).

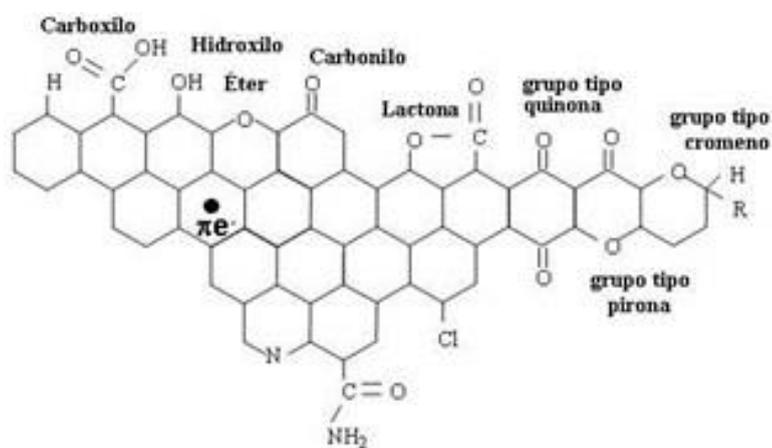


Figura 10-1: Química superficial de carbón activado

Fuente: (Universidad de Sevilla, 2020, p.27).

1.5.6. Procesos de Activación de Carbón

1.5.6.1. Activación Química

Esta activación se basa en la impregnación del precursor con el agente químico activante, siendo agitada por un lapso de tiempo de preferencia con un agitador magnético y para elevar la eficiencia de la impregnación es necesario que la muestra sea sometida al calor, posteriormente debe ser filtrada y lavada para eliminar el excedente de reactivo y finalmente secada para eliminar el exceso de agua.

Existen numerosos compuestos que pueden usarse como agentes activantes sin embargo los más usados industrialmente son el cloruro de zinc ($ZnCl_2$), el ácido fosfórico (H_3PO_4) y el hidróxido de potasio (KOH) (Universidad de Sevilla, 2020, p.27).

✓ Activante $ZnCl_2$

Según (Universidad de Sevilla, 2020, p.27) “su uso como activante se ha restringido mucho en la actualidad, debido a los problemas medioambientales que conlleva el uso del $ZnCl_2$. no

obstante, algunos países como China aún siguen usando este método para producir carbón activado”.

El cloruro de zinc facilita la volatilización de materiales alquitranosos. Con este tipo de activante es posible obtener un carbón hidrofílico de poros más anchos, que sea de uso apropiado para aplicaciones en fases líquidas (Universidad de Sevilla, 2020, p.27).

✓ *Activante H_3PO_4*

Según (Universidad de Sevilla, 2020, p.27) “prácticamente este activante químico ha desplazado al $ZnCl_2$ y los precursores en este tipo de activación son en su mayoría, como en el caso de $ZnCl_2$, residuos forestales (madera, cáscara de coco, hueso de aceituna, etc.)”.

El ácido fosfórico facilita la descomposición de materiales alquitranosos. Al igual que el cloruro de zinc este es un activante que hace posible obtener un carbón hidrofílico con poros más anchos con uso apropiado para aplicaciones en fases líquidas (Universidad de Sevilla, 2020, p.27).

1.5.7. Prueba de cenizas del carbón activado

En la prueba de cenizas se busca determinar el contenido mineral que tiene el carbón activado, esto está definido como el porcentaje del peso de la muestra que es calcinada con respecto a la muestra que es examinada. Esta operación es realizada en una cocineta y posteriormente en una mufla. La cocineta sirve para calcinar la muestra con el objetivo de que deje de desprender humos y poder trasladar a la mufla en donde a una temperatura de alrededor de 500° C por un tiempo estimado de 4 horas para finalmente desecar la muestra y realizar el cálculo correspondiente con la fórmula de porcentaje de cenizas (Carrasco & Londa, 2018).

$$\%cenizas\ totales = \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0}$$

Donde:

P_2 peso del crisol con la ceniza

P_1 peso del crisol con la muestra

P_0 peso del crisol vacío

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Hipótesis General

- Mediante activación ácida y básica es posible obtener carbón activado a partir de cáscara de jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*).

2.2. Hipótesis Específicas

- Con el uso de ácido fosfórico y cloruro de zinc es posible realizar la activación del carbón obtenido a partir de cáscara de jackfruit.
- Con el método de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier es posible identificar grupos funcionales presentes en el carbón y comprobar que se dio la activación.

2.3. Identificación de Variables

Tabla 1-2: Identificación de variables

Etapas del proceso	Variables independientes	Variables dependientes
Obtención de carbón activado a partir de cáscara de jackfruit (<i>Artocarpus heterophyllus</i>).	✓ Cantidad de muestra ✓ Tamaño de partícula ✓ Temperatura ✓ Tiempo de contacto	
Determinación de agentes químicos activantes	✓ Tipo de activación ✓ Concentración de activación	
Caracterización del carbón activado por transformada de Fourier (FTIR)		✓ Rendimiento del carbón activado

Realizado por: Silva, Anabeth. 2021.

2.4. Operacionalización de Variables

Tabla 2-2: Variables independientes

VARIABLE	CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	INDICADORES
INDEPENDIENTE			
Cantidad de Biomasa	Cantidad de cáscara de yaca utilizada para el proceso investigativo	g	Balanza Analítica
Temperatura	Existe una serie de métodos para medir la temperatura de forma continua.	°C	Termómetro
Tamaño de partícula	Dimensionamiento de las partículas de la cáscara de yaca.	mm	Tamizado
Tipo de activación	Generalmente se lleva a cabo en biomasa por dos métodos un medio ácido y un básico.	-	-
Concentración de activación	Concentración de ácido como de base a utilizar	% P/P	Balanza Analítica
DEPENDIENTE			
Rendimiento de carbón activado	Cantidad de carbón activado obtenido luego del proceso de carbonización.	%	Balanza Analítica

Realizado por: Silva Anabeth 2021.

2.5. Matriz de consistencia

Tabla 3-2: Matriz de consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Técnicas de recolección de datos
<p>La actividad agroindustrial en Ecuador constituye uno de los sectores más importantes en la economía nacional, no obstante, este beneficio ha traído consigo una considerable extracción de subproductos y residuos agrícolas dándose una acumulación de desechos y originando problemas ambientales, logísticos y económicos, un claro ejemplo de ello son las cáscaras de frutos de consumo directo, en este caso el jackfruit (<i>Artocarpus heterophyllus</i>).</p> <p>Actualmente no existen estudios de obtención de carbón activado a partir del residuo sólido de jackfruit a pesar de ser un material rico en carbono con propiedades útiles para su producción, por ello se aspira brindar una alternativa para proporcionar un valor agregado a este residuo, beneficiando a la agroindustria en el manejo ambiental de desechos y a quienes consuman el producto final obtenido.</p>	<p>Obtener carbón activado a partir de cáscara de jackfruit (<i>Artocarpus heterophyllus</i>) mediante activación química</p>	<p>Mediante activación ácida y básica es posible obtener carbón activado a partir de cáscara de jackfruit (<i>Artocarpus heterophyllus</i>).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Balanza de humedad ✓ Método discontinuo tipo batch.
Objetivos específicos	Hipótesis específicas	VARIABLES específicas	Método de análisis
<p>Determinar los agentes químicos activantes ácidos o básicos en el proceso de obtención de carbón activado.</p>	<p>Con el uso de ácido fosfórico y cloruro de zinc es posible realizar la activación de carbón obtenido a partir de cáscara de jackfruit.</p>	<p>Eficiencia en activación del carbón.</p>	<p>Porcentaje de remoción mediante método de filtración continua.</p>
<p>Caracterizar el carbón activado obtenido mediante el uso de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR).</p>	<p>Con el método de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier es posible identificar grupos funcionales presentes en el carbón y comprobar que se dio la activación.</p>	<p>Grupos funcionales del carbón activado</p>	<p>Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier</p>

Realizado por: Silva Anabeth 2021.

2.6. Tipo y diseño de investigación

2.6.1. Metodología

2.6.1.1. Método deductivo

El presente trabajo de titulación es de tipo investigativo, para su desarrollo se va a trabajar con el diseño experimental, ya que se realizará el acondicionamiento de la cáscara de Jackfruit para la obtención de la biomasa, evaluando las características del material adsorbente como estudios de equilibrio y cinética de adsorción, el análisis FTIR para determinar los grupos funcionales del material de forma

2.6.1.2. Método cuantitativo

Por este método se podrán identificar los parámetros necesarios para que pueda desarrollarse la investigación en toda su etapa exploratoria. Por medio del método cuantitativo se podrán identificar los parámetros cinéticos precisos en la obtención y caracterización de carbón activado. Los datos experimentales serán obtenidos por medio de tomas nuestra, tiempo, temperatura.

2.7. Unidad de Análisis

Para la presente investigación la unidad de análisis es la cáscara de jackfruit misma que experimentará una serie de etapas mismas que permitirán cumplir con los objetivos de la investigación. Caracterizar el carbón y concluir si se dio correctamente la activación mediante el uso de espectroscopía infrarroja.

2.8. Población de Estudio

La población de estudio corresponde a 8Kg de jackfruit

2.9. Tamaño de Muestra

Se va a adquirir un total de 4Kg de cáscara de jackfruit de la población con el fin de realizar distintas experimentaciones, se realizará por muestreo aleatorio simple para tener una muestra variada en los ensayos experimentales.

2.10. Selección de muestra

La selección de la muestra se da mediante un método no probabilístico, ya que se obtiene la cáscara de jackfruit

2.11. Técnicas de Recolección de Datos

2.11.1. Tiempo y temperatura de carbonización del jackfruit

Tabla 1-2: Método de obtención de datos de tiempo y temperatura de carbonización del *Artocarpus heterophyllus*

MÉTODO DE LA OBTENCIÓN DE TEMPERATURA Y TIEMPO
Mediante bibliografía, frutos similares o carbonización de biomasa.

Realizado por: Silva, Anabeth. 2021.

2.11.2. Determinación del contenido de humedad de la materia prima, cáscara de jackfruit

Tabla 2-2: Determinación del contenido de humedad del Jackfruit.

MÉTODO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD
Procedimiento
<ul style="list-style-type: none">✓ Encender la balanza de humedad.✓ Colocar el plato para muestras dentro de la balanza cerrar y esperar hasta tarar.✓ Colocar alrededor de unos 5g necesarios de muestra para analizar.✓ Cerrar la balanza y esperar el tiempo determinado por el equipo para obtener el porcentaje de humedad.✓ Retirar la muestra, limpiar el plato y apagar.
Cálculos
<ul style="list-style-type: none">✓ Como resultado debe reportarse de manera cuantitativa el porcentaje de humedad resultante.

Fuente: Manual de operación de la balanza de humedad del laboratorio de Química analítica, ESPOCH.

Realizado por: Silva, Anabeth. 2021.

2.11.3. Método de ensayo de secado de cáscara de *Artocarpus heterophyllus*

Tabla 3-2: Método de ensayo de secado de cáscara de *Artocarpus heterophyllus*

MÉTODO DE ENSAYO DE SECADO DE CÁSCARA DE ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS	
Procedimiento	
✓	Seleccionar la muestra que se requiere secar.
✓	Realizar cortes de preferencia lo más simétricos posible.
✓	Colocar en las bandejas la cantidad necesaria y apta para la estufa.
✓	Monitorear cada determinado tiempo, temperatura y pérdidas de peso.
✓	Retirar la muestra después del tiempo necesario empleado para su secado completo.
Resultados esperados para el PS	
Se obtendrá la muestra deshidratada, lista para pesar, comparar y posteriormente triturar.	

Realizado por: Silva, Anabeth. 2021.

2.11.4. Método de ensayo de carbonización de cáscara jackfruit

Tabla 4-2: Método de ensayo de carbonización de cáscara de Jackfruit

MÉTODO DE ENSAYO DE CARBONIZACIÓN DE CÁSCARA DE JACKFRUIT	
Procedimiento	
✓	Limpia el reactor
✓	Colocar la materia prima triturada y secada
✓	Cerrar con cautela y precisión el reactor
✓	Pasar nitrógeno para purificar y comprobar que existan fugas
✓	Encender y colocar la temperatura que necesita la materia para ser carbonizada
✓	Poco a poco subir la temperatura
✓	Comprobar siempre el manómetro
✓	Dejar el tiempo indicado y necesario
✓	Dejar enfriar
Resultados esperados para el PS	
Carbón	

Realizado por: Silva, Anabeth. 2021.

2.11.5. Método de ensayo de activación de carbón

Tabla 5-2: Método de ensayo de activación de carbón con ácido fosfórico

MÉTODO DE ENSAYO DE ACTIVACIÓN DE CARBÓN CON ÁCIDO FOSFÓRICO	
Procedimiento	
✓	Se toma una cantidad específica de carbón y se lleva a cabo la molienda de este.
✓	Por cada gramo de carbón molido adicionar 1 mL de disolución al 37% H ₃ PO ₄ y se deja agitándose a 120°C durante 24 horas
✓	PROCESO DE IMPREGNACIÓN
✓	Se mete en la mufla durante 30 minutos a 550°C.
✓	Lavar la muestra obtenida con 100 mL de HCl (37% conc.) a 30°C manteniendo en agitación durante 6 horas.
✓	Filtrar y lavar con agua destilada hasta obtener una conductividad eléctrica de 10-15 mS.
✓	Secar la muestra a 105°C hasta peso constante (aproximadamente 1 hora).
✓	Tamizar la muestra y mantener en desecador para calcular su rendimiento posteriormente.
Resultados esperados para el PS	
El rendimiento del carbón activo se comprobará con la práctica de adsorción.	

Realizado por: Silva, Anabeth. 2021.

2.11.6. Método de ensayo de activación de carbón

Tabla 6-2: Método de ensayo de activación de carbón con Cloruro de Zinc

MÉTODO DE ENSAYO DE ACTIVACIÓN DE CARBÓN CON CLORURO DE ZINC	
Procedimiento	
✓	Se toman la cantidad específica de carbón y se lleva a cabo la molienda del mismo.
✓	Por cada gramo de carbón molido adicionar 2 mL de una disolución 3M de ZnCl ₂ y se deja mezclándose durante 24 horas
✓	IMPREGNACIÓN
✓	Se mete en la mufla durante 30 minutos a 550°C.
✓	Lavar la muestra obtenida con 100 mL de HCl (37% conc.) a 30°C
✓	manteniendo en agitación durante 6 horas.
✓	Filtrar y lavar con agua destilada hasta obtener una conductividad eléctrica de 10-15 mS.
✓	Secar la muestra a 105°C hasta peso constante (aproximadamente 1 hora).
✓	Tamizar la muestra y mantener en desecador para calcular su rendimiento posteriormente.
Resultados esperados para el PS	
El rendimiento del carbón activo se comprobará con la práctica de adsorción.	

Realizado por: Silva, Anabeth. 2021.

2.11.7. Prueba de FTIR de Fourier

Tabla 7-2: Método para determinar el espectro FTIR por transformada de Fourier.

MÉTODO PARA DETERMINAR EL ESPECTRO FTIR por transformada de Fourier	
Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pipeta Pasteur ✓ Algodón ✓ Espectrofotómetro Infrarrojo FT- IR 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Muestra de la materia que se desea caracterizar ✓ Alcohol antiséptico
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Encender el equipo presionando el switch Power. ✓ Para iniciar el barrido, ejecutar el software Spectra Manager en el ordenador conectado al equipo. ✓ Limpiar con algodón y alcohol el área de muestra ubicada en la parte interior central del equipo. ✓ Realizar el Background al verificar la ausencia de sustancia en el área de muestra, cerrar la tapa del equipo y presionar el botón Start ubicado en la parte frontal. ✓ Realizar el barrido espectral colocando la muestra sobre el cristal del área de muestra, quitar el seguro ubicado en la parte posterior, jalar hacia adelante el tornillo de ajuste, ajustarlo hasta que muestre fricción, cerrar la tapa y pulsar Start. ✓ Procesar el espectro utilizando el programa Spectra Analysis, corregir las escalas. ✓ Identificar y etiquetar los picos más relevantes asignando límites de lectura. ✓ Generar las líneas auxiliares. ✓ Guardar el espectro como un archivo del mismo programa o en un procesador de texto Word. ✓ Finalmente cerrar todos los programas y apagar el equipo de ambos switch, apagar el ordenador y desconectar los equipos. 	
Cálculos	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Como resultado debe reportarse de manera cualitativa y cuantitativa los picos (grupos funcionales) presentes en la muestra de carbón. 	

Fuente: Manual de operación de Espectrofotómetro Infrarrojo FT-IR del laboratorio de Química instrumental, ESPOCH.

Realizado por: Silva, Anabeth. 2021.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Datos obtenidos del proceso de carbonización

3.1.1. Primera Carbonización

Tabla 1-3: Características del Jackfruit

DATOS DEL JACKFRUIT			
	Peso (Kg)	Largo(cm)	Ancho(cm)
Jackfruit 1	9,3 kg	58,2 cm	26,6 cm
Jackfruit 2	12,6 kg	64,6 cm	27,3 cm
Peso de la cáscara sin secar cortada en cuadritos	3112,95 g		
Peso de cáscara	0,2-0,4 g		
Peso de cascara seca cortada en cuadritos	521,73g		
Peso de cáscara triturada y molida	389,78g		

Realizado por: Silva Anabeth 2021.

Tabla 2-3: Primera carbonización del Jackfruit

CARBONIZACIÓN	
Peso de cáscara molida que ingresa al reactor	389,78g
Corriente	220 V
Presión de ingreso de nitrógeno para depurar y verificar que no haya fugas en el reactor	30 psi
P inicial de encendido del reactor	0 psi
T inicial seteada	100° C
T final deseada	450° C
Tiempo de carbonización	87 minutos

Realizado por: Silva Anabeth 2021.

Para la evaluación del proceso de carbonización se lo realizó en función de la eficiencia, es decir la cantidad de peso final de la muestra de Jackfruit y la representatividad que tendrá este dentro del peso inicial de la muestra, denotándose de la siguiente manera.

Tabla 3-3: Rendimiento de la primera carbonización del Jackfruit

Rendimiento	
Peso de entrada	389,78g
Peso de salida	127g
$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Salida}}{\text{Entrada}} = \frac{127\text{g}}{389,78\text{g}} = 0,325 \times 100 = 32,5\%$	

Realizado por: Silva Anabeth 2021.

Con el propósito de mejorar la eficiencia del proceso de carbonización se planteó un segundo experimento de carbonización, que permita validar de alguna manera el proceso anterior.

3.1.2. Segunda Carbonización

Tabla 4-3: Características del Jackfruit

DATOS DEL JACKFRUIT			
	Peso	Largo	Ancho
Jackfruit 1	8,1 kg	50,4 cm	20,3 cm
Jackfruit 2	14 kg	70,3 cm	30,1 cm
Peso de la cáscara sin secar cortada en cuadritos	2811 g		
Peso de cada pedazo de cáscara	0,2-0,4 g		
Peso de cascara seca cortada en cuadritos	470,9g		
Peso de cáscara triturada y molida	352,2g		

Realizado por: Silva Anabeth 2021.

Con las especificaciones realizadas se evalúa su comportamiento para el proceso de carbonización y la eficiencia que tiene este.

Tabla 5-3: Segunda carbonización del Jackfruit

CARBONIZACIÓN	
Peso de cáscara molida que ingresa al reactor	352,2g
Corriente	220 V
Presión de ingreso de nitrógeno para depurar y verificar que no haya fugas en el reactor	30 psi
P inicial de encendido del reactor	0 psi
T inicial seteada	100° C
T final deseada	450° C
Tiempo de carbonización	87 minutos

Realizado por: Silva Anabeth 2021.

Tabla 6-3: Eficiencia del proceso del segundo proceso de carbonización

Rendimiento	
Peso de entrada	389,78g
Peso de salida	127g
$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Salida}}{\text{Entrada}} = \frac{114\text{g}}{352,2\text{g}} = 0,323 \times 100 = 32,3\%$	

Realizado por: Silva Anabeth 2021.

En comparación a la Tabla 3-3 la eficiencia que muestra el procedimiento que muestra la Tabla 6-3 es mínimamente mayor con un valor de 32,3% indicando que cualquiera de las dos metodologías se adapta a la obtención de carbón del Jackfruit

3.2. Cenizas del Jackfruit

3.2.1. Cenizas en la primera carbonización

Tabla 7-3: Cenizas para la primera carbonización

Prueba de cenizas			
Determinaciones	Unidades	Método de Análisis	Resultado
Ceniza	%	INEN 401	34,01

Realizado por: Silva Anabeth 2021.

3.2.2. Cenizas en la segunda carbonización

Tabla 8-3: Cenizas para la segunda carbonización

Prueba de cenizas			
Determinaciones	Unidades	Método de Análisis	Resultado
Ceniza	%	INEN 401	34,01

Realizado por: Silva Anabeth 2021.

Evidentemente los resultados de ceniza de los dos procesos tienen un mismo valor de 34,01% de contenido de ceniza, pero en relación al trabajo realizado por Alves et al. (2020) que tiene un valor de ceniza de 5,55%, indicando que el proceso de carbonización del Jackfruit se lo debe llevar a cabo a diferentes condiciones térmicas con el propósito de mejorar la eficiencia del proceso.

3.3. Humedad del Jackfruit

Tabla 9-3: Humedad

Tratamientos	Repeticiones	Humedad%
TP1	R1	39,144
	R2	41,562
	R3	31,307
	R4	17,417
TP2	R1	28,702
	R2	34,331
	R3	40,771
	R4	39,185
TP3	R1	33,551
	R2	45,098
	R3	29,180
	R4	45,685
TP4	R1	30,135
	R2	49,765
	R3	36,581
	R4	37,783

Realizado por: Silva Anabeth 2021.

3.3.1. Análisis estadístico de la humedad

Tabla 10-3: Estadística para la humedad del Jackfruit

TRATAMIENTOS	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo
TP1	4	32,3575	10,8797	33,6233%	17,417
TP2	4	35,7473	5,43745	15,2108%	28,702
TP3	4	38,3785	8,29566	21,6154%	29,18
TP4	4	38,566	8,18643	21,2271%	30,135
Total	16	36,2623	7,96868	21,9751%	17,417

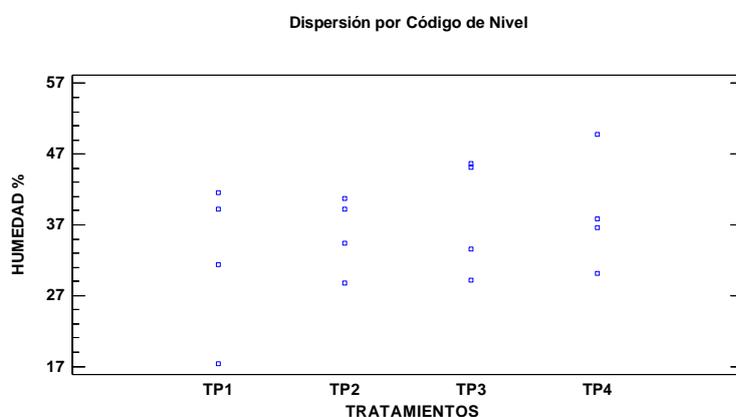
Realizado por: Silva Anabeth 2021.

Tabla 11-3: Estadística para la humedad del Jackfruit

TRATAMIENTOS	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
TP1	41.562	24.145	-0.948403	0.231475
TP2	40.771	12.069	-0.626797	-0.460681
TP3	45.685	16.505	-0.188176	-1.89342
TP4	49.765	19.63	0.790709	0.790228
Total	49.765	32.348	-0.879731	0.654965

Realizado por: Silva Anabeth 2021.

Esta tabla muestra diferentes estadísticos de humedad % para cada uno de los 4 niveles de tratamientos. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles.

**Gráfico 1-3:** Dispersión de la humedad

Realizado por: Silva Anabeth 2021.

Tabla 12-3: ANOVA para humedad por tratamientos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	101.192	3	33.7308	0.48	0.7052
Intra grupos	851.305	12	70.9421		
Total (Corr.)	952.498	15			

Realizado por: Silva Anabeth 2021.

La tabla ANOVA descompone la varianza de humedad % en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0.475469, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de humedad % entre un nivel de tratamientos y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

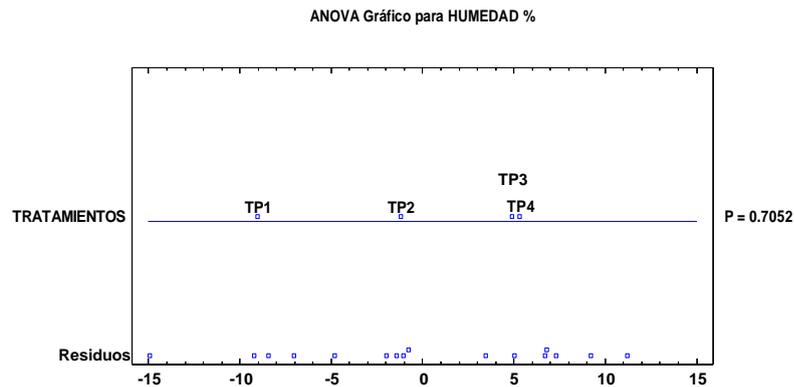


Gráfico 2-3: ANOVA para humedad

Realizado por: Silva Anabeth 2021.

Tabla 13-3: Medias para humedad por tratamientos con intervalos de confianza del 95.0%

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Error Est. (s agrupada)	Límite Inferior	Límite Superior
TP1	4	32.3575	4.21136	25.8692	38.8458
TP2	4	35.7473	4.21136	29.259	42.2355
TP3	4	38.3785	4.21136	31.8902	44.8668
TP4	4	38.566	4.21136	32.0777	45.0543
Total	16	36.2623			

Realizado por: Silva Anabeth 2021.

Esta tabla muestra la media de humedad % para cada nivel de tratamientos. También muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel. La tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media. Los intervalos mostrados actualmente están basados en el procedimiento de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Están contruidos de tal manera que, si dos medias son iguales, sus intervalos se traslaparán un 95.0% de las veces.

Tabla 14-3: Múltiple rangos para humedad por tratamientos

TRATAMIENTOS	Casos	Media	Grupos Homogéneos
TP1	4	32,3575	x
TP2	4	35,7473	x
TP3	4	38,3785	x
TP4	4	38,566	x

Realizado por: Silva Anabeth 2021.

Tabla 15-3: Múltiple rangos para humedad por tratamientos

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
TP1 - TP2		-3,38975	12,9765
TP1 - TP3		-6,021	12,9765
TP1 - TP4		-6,2085	12,9765
TP2 - TP3		-2,63125	12,9765
TP2 - TP4		-2,81875	12,9765
TP3 - TP4		-0,1875	12,9765

Realizado por: Silva Anabeth 2021.

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

Medias y 95.0% de Fisher LSD

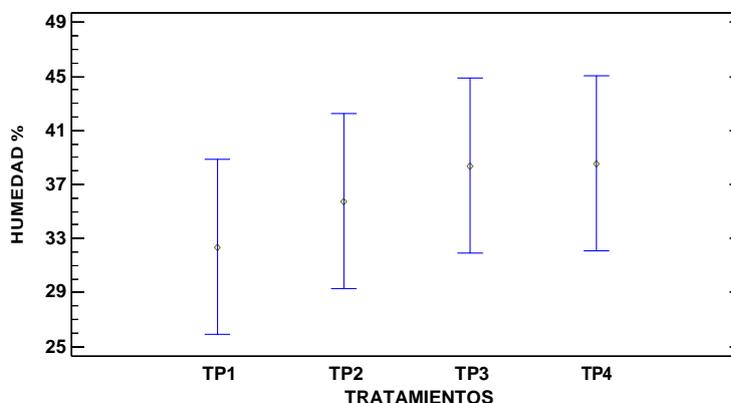


Gráfico 3-3: Medias para humedad

Realizado por: Silva Anabeth 2021.

3.4. Activación del carbón de Jackfruit

3.4.1. Diseño experimental para la activación de carbón

Tabla 16-3: Condiciones de activación

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	H3PO4 % V/V	PESO DE CARBÓN ACTIVADO(g)	SOLUCIÓN DE H3PO4 (mL)	ZnCl2 %P/V	SOLUCIÓN DE ZnCl2(mL)	Tiempo (min)	Temperatura °C
T1	1	30%	10	70	5	50	60	70-100
	2	70%	10	35	12	20	45	70-100
T2	1	30%	10	70	5	50	60	70-100
	2	70%	10	35	12	20	45	70-100
T3	1	30%	10	70	5	50	60	70-100
	2	70%	10	35	12	20	45	70-100
T3	1	30%	10	70	5	50	60	70-100
	2	70%	10	35	12	20	45	70-100

Realizado por: Silva Anabeth 2021.

3.4.2. Preparación de solución de H₃PO₄

La Tabla 17-3 muestra la preparación de la solución de H₃PO₄ en sus diferentes concentraciones mismas que fueron distribuidas en 4 vasos de precipitación de 250mL con una cantidad de 70 mL cada uno, así como también de la solución de diferente concentración que de la misma manera se distribuyó en vasos de precipitación de 250mL con una cantidad de 35mL de solución.

Tabla 17-3: Proceso de preparación de solución de H₃PO₄

PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN DE H3PO4				
		H3PO4 % V/V	Volumen de H3P04 (mL)	Agua (mL)
Solución de 70 H3PO4	280	30	84	280
Solución de 35 H3PO4	140	70	98	140

Realizado por: Silva, Anabeth, 2021.

3.4.3. Preparación de solución de Zn Cl₂

La tabla 3-3 muestra la preparación de la solución de ZnCl₂ en sus diferentes concentraciones mismas que fueron distribuidas en 4 vasos de precipitación de 100mL con una cantidad de 50 mL cada uno, así como también de la solución de diferente concentración que de la misma manera se distribuyó en vasos de precipitación de 50mL con una cantidad de 20 mL de solución.

Tabla 18-3: Proceso de preparación de ZnCl₂

PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN DE ZnCl ₂				
		% ZnCl ₂	Masa de ZnCl ₂ (g)	Agua (mL)
Solución de 50 ZnCl ₂	200	5	10	200
Solución de 20 ZnCl ₂	80	12	9,6	80

Realizado por: SILVA, Anabeth, 2021.

3.4.4. Resultados de pH después de lavado

En la siguiente tabla se presentan los pH resultantes después del lavado, cabe mencionar que para llega a su estabilización se realizó la preparación de una solución de Na (OH) al 1M, que fue añadida en manera de gotas con una pipeta Pasteur durante el proceso de lavado.

Tabla 19-3: pH de los carbones después del lavado

pH de los carbones después del lavado			
Tratamientos H ₃ PO ₄	pH	Tratamientos ZnCl ₂	pH
TH ₃ PO ₄ 1.1	7,42	T ZnCl ₂ 1.1	6,62
TH ₃ PO ₄ 1.2	7,13	T ZnCl ₂ 1.2	7,07
TH ₃ PO ₄ 2.1	6,63	T ZnCl ₂ 2.1	6,63
TH ₃ PO ₄ 2.2	7,11	T ZnCl ₂ 2.2	6,50
TH ₃ PO ₄ 3.1	7,49	T ZnCl ₂ 3.1	6,50
TH ₃ PO ₄ 3.2	6,93	T ZnCl ₂ 3.2	7,16
TH ₃ PO ₄ 4,1	7,02	T ZnCl ₂ 4.1	6,50
TH ₃ PO ₄ 4.2	6,53	T ZnCl ₂ 4.2	6,63

Realizado por: SILVA, Anabeth, 2021.

3.4.5. pH final de las soluciones de cadmio con H₃ PO₄

Para la obtención de datos de las tablas 20-3 y 21-3 se plantearon diferentes tiempos de agitación mismos que se encuentran en las tablas.

Tabla 20-3: Resultados de pH final para los tratamientos con H₃PO₄

pH final de las soluciones de cadmio con H ₃ PO ₄				
Tratamientos	pH inicial de la solución de cadmio	pH solución después de agitación	pH filtrado	concentración de cadmio (g)
T H ₃ PO ₄ 1.1	5,54	5,94 (30min)	7,12	0,05 C1
T H ₃ PO ₄ 1.2	4,99	6,72 (30min)	6,54	0,05 C1
T H ₃ PO ₄ 2.1	5,48	6,13 (60min)	5,88	0,10 C2

T H3PO4 2.2	5,30	7,15 (60min)	6,07	0,10 C2
T H3PO4 3.1	3,42	7,48(90 min)	5,28	0,15 C3
T H3PO4 3.2	3,48	7,28(90 min)	5,67	0,15C3
T H3PO4 4,1	3,54	7,07(120min)	6,18	0,20 C4
T H3PO4 4,2	3,68	7,47(120min)	6,96	0,20 C4
T H3PO4 1.1	3,74	7,26(150min)	5,55	0,24 C5
T H3PO4 1.2	3,38	7,32(150 min)	5,68	0,24 C5

Realizado por: SILVA, Anabeth, 2021.

Tabla 21-3: Resultados de pH final para los tratamientos con ZnCl₂

pH final de las soluciones de cadmio con ZnCl ₂				
Tratamientos	pH inicial DE LA SOLUCIÓN DE CADMIO	pH solución después de agitación	pH filtrado	concentración de cadmio (g)
T ZnCl ₂ 1.1	4,89	6,03 (30min)	4,76	0,05 C1
T ZnCl ₂ 1.2	3,99	6,15 (30min)	5,22	0,05 C1
T ZnCl ₂ 2.1	5,66	7,66 (60min)	6,30	0,10 C2
T ZnCl ₂ 2.2	4,58	6,69 (60min)	5,06	0,10 C2
T ZnCl ₂ 3.1	3,71	6,32(90 min)	8,58	0,15 C3
T ZnCl ₂ 3.2	3,73	7,07(90 min)	8,32	0,15C3
T ZnCl ₂ 4.1	4,15	7,24(120min)	6,96	0,20 C4
T ZnCl ₂ 4.2	4,62	7,92(120min)	6,52	0,20 C4
T ZnCl ₂ 1.1	4,08	7,30(150min)	6,52	0,24 C5
T ZnCl ₂ 1.2	4,28	7,45(150 min)	6,68	0,24 C5

Realizado por: SILVA, Anabeth, 2021.

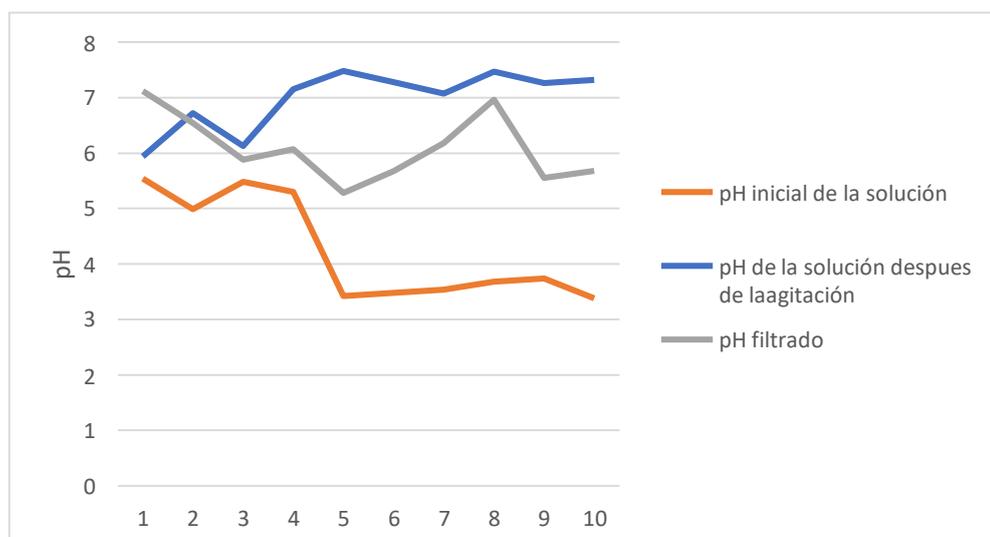


Gráfico 4-3: Comparación de pH

Realizado por: SILVA, Anabeth, 2021.

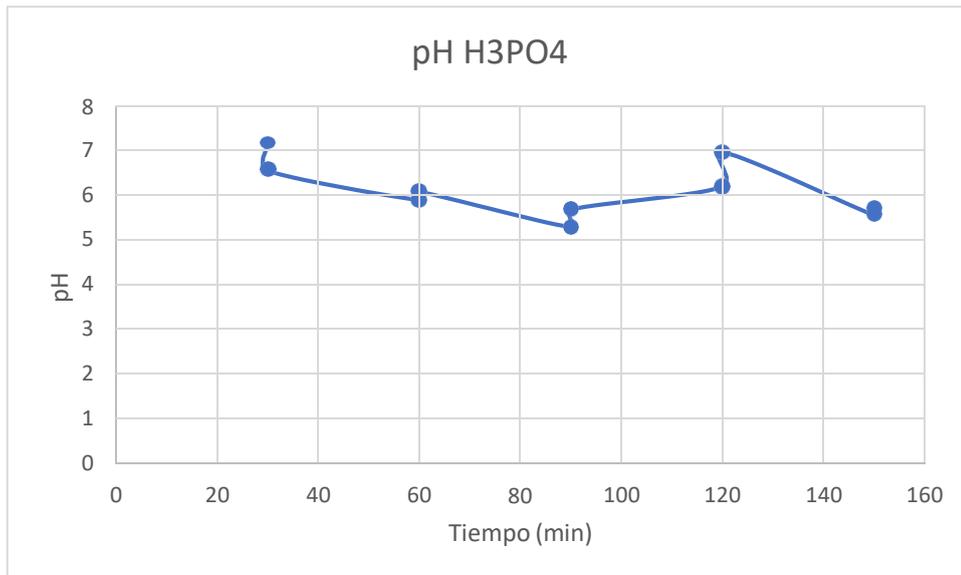


Gráfico 5-3: Cambio de pH en función del tiempo

Realizado por: SILVA, Anabeth, 2021.

En la figura 5-3 se observa que el pH de la solución se mantiene por debajo de 7 en relación a la figura antes de filtrar figura 4-3, así algunos valores se encuentran fuera del rango (6,5 y 9,9) por estar por debajo de los 6,5, esto indica que el carbón activado por H₃PO₄ tiene un bajo rendimiento de absorción de cadmio

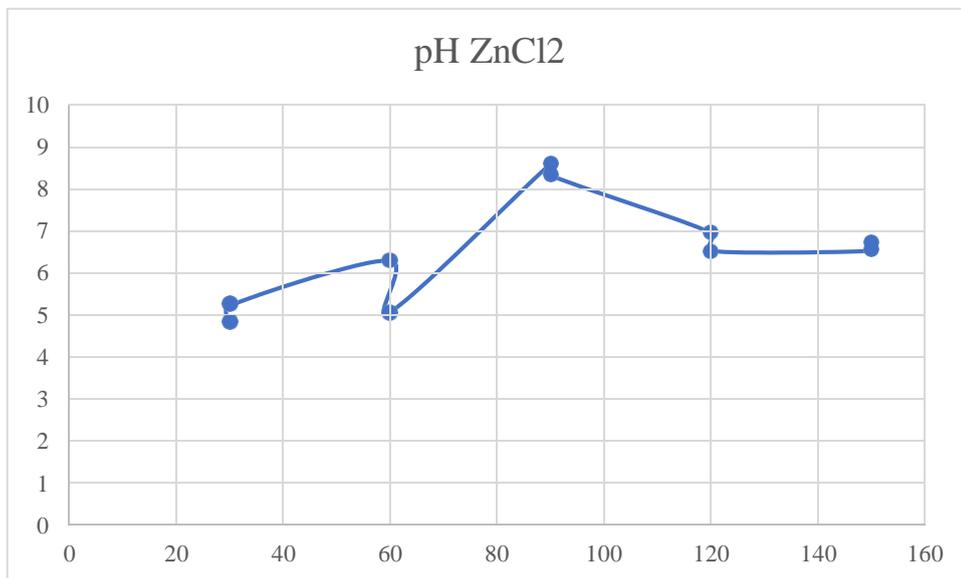


Gráfico 6-3: pH en función del tiempo

Realizado por: SILVA, Anabeth, 2021.

Para la Figura 6-3 evidentemente solo 3 puntos no cumplen a la norma (6,5-9), en comparación con la anterior este método de filtración da mejores resultados, entonces se dice que el ZnCl₂ es el activante químico idóneo para el carbón de Jackfruit.

3.5. FTIR del carbón de Jackfruit

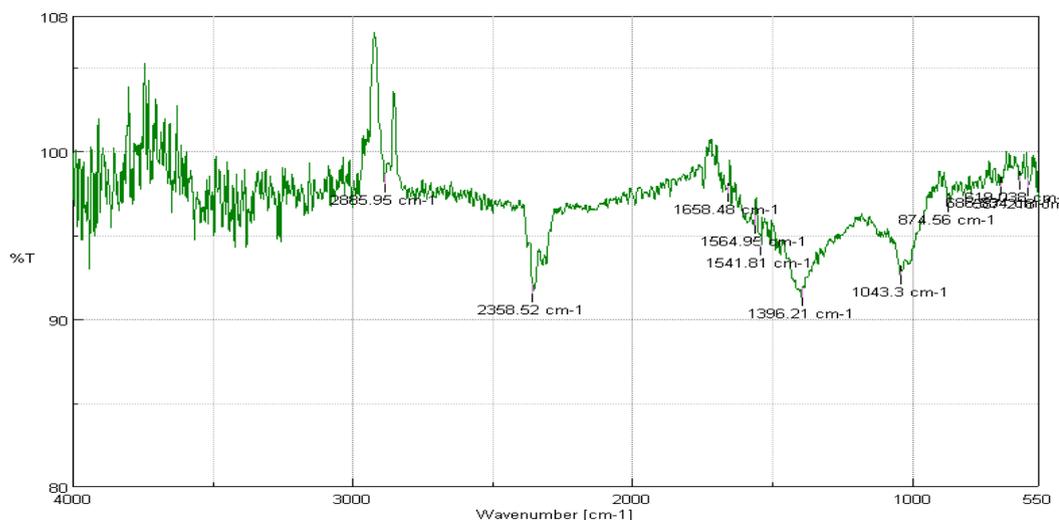


Gráfico 7-3: FTIR Jackfruit

Realizado por: SILVA, Anabeth, 2021.

2885,95 cm^{-1} indica presencia de uniones C-H de compuestos saturados, estiramiento simétrico grupos metilos CH_3 , el pico más pronunciado 2358,52 cm^{-1} indica la presencia ligera de grupos aldehídos, mientras que otro de los picos pronunciados 1396,21 cm^{-1} por las características de la biomasa indica la presencia de ácidos carboxílicos.

Es así que en el análisis con activación de ZnCl_2 con respecto a los demás reactivos no muestra una diferencia significativa en la variación de sus señales teniendo como señal inicial en el número de onda de 1867.72 cm^{-1} Esta suele ser una región de la línea de base donde se producen pocas bandas de absorción. La banda más común es para el dióxido de carbono atmosférico, en esta se no se evidencia la presencia de grupos R-OH manteniendo su banda intensa en el número de onda 1017.27 cm^{-1} manteniendo los grupos anhidro.

CONCLUSIONES

Se obtuvo carbón activado mediante activación química con H_3PO_4 y ZnCl_2 , dando mejor resultado con ZnCl_2 debido a que este en función del cambio de pH en cada una de las soluciones de cadmio disminuyeron su pH a los cercanos al agua sin presencia de cadmio, para corroborar esta información se realizó un FTIR al mejor medio filtrante para conocer sus características químicas mostrando la alta eficiencia del ZnCl_2

El carbón activado fue caracterizado mediante FTIR, dando como resultado en el análisis con activación de ZnCl_2 con respecto a los demás reactivos, una mínima diferencia en la variación de sus señales teniendo como señal inicial con número de onda de 1867.72cm^{-1} . Esta suele ser una región de la línea de base donde se producen pocas bandas de absorción. La banda más común es para el dióxido de carbono atmosférico, en esta se no se evidencia la presencia de grupos R-OH manteniendo su banda intensa en el número de onda 1017.27 cm^{-1} manteniendo los grupos anhidro.

Se evaluó la capacidad de absorción en función del pH, en este análisis el que mantuvo los pH dentro del rango permitido fue el carbón activado por ZnCl_2 con 3 valores fuera del rango (6,5 y 9) mismos que tienen una desviación estándar de entre sus resultados de pH de 1,27 indicando una menor dispersión en los resultados obtenidos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con la investigación de adsorción del carbón activado obtenido mediante el análisis de isothermas como Langmuir, Freudlich, Brunauer-Emmett-Teller (BET) y diferentes modelos matemáticos.

Realizar un análisis termogravimétrico dinámico para la obtención de la temperatura correcta de carbonización de la biomasa.

BIBLIOGRAFÍA

ALVES, et al., *Renewable Energy*, Insights into the bioenergy potential of jackfruit wastes considering their physicochemical properties, bioenergy indicators, combustion behaviors, and emission characteristics. vol. 155, pp. 1328-1338. ISSN 18790682. DOI 10.1016/j.renene.2020.04.025.

BALAREZO, D. *Investigación y Propuestas Gastronómica del Jackfruit o Jaca*. Tesis de pregrado. Obtenido de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/16043/1/59968_1.pdf

BANDOSZ, (s.f.). *Química y aplicaciones*, Activated Carbon Production from Carbonaceous Precursors of the Department of Cesar, Colombia. 2. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642010000300010>

BARRAZA, et al., *Revista Latinoamericana de Química*. la microespectroscopía de infrarrojo con transformada de fourier (ftirm) en el estudio de sistemas biológicos. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-59432013000300001

CARR, G., & WILLIAMS, G. Infrared Microspectroscopy with Synchrotron Radiation. Obtenido de <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.619.2174&rep=rep1&type=pdf>

CARRASCO, B., & LONDA, E. *Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco "Cocos Nucífera L"*. Trabajo de Pregrado. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31705/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>

CARVAJAL, S. *Optimización del método de extracción de la fracción activa con efecto*. Obtenido de Universidad Central del Ecuador : <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/14328/1/T-UCE-0008-QF039-2018.pdf>

ELEVITCH, C., & MANNER, H. *Traditional Trees Of Pacific Islands*. Traditional Trees Of Pacific Islands. En C. Elevitch, Obtenido de <https://www.growables.org/information/TropicalFruit/documents/Jackfruit.pdf>

G BARRAZA, L DE LA ROSAA, A MARTÍNEZ, et. al. La microespectroscopía de infrarrojo con transformada de Fourier (FTIRM) en el estudio de sistemas biológicos. *Revista latinoamericana de química*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-59432013000300001

GALVEZ, E. Trabajo de pregrado. *Diseño de una secadora de quinua en el departamento de la Paz- Bolivia*. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/12092/PG-1832-Galvez%20Condori%2C%20Eloy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GRISALES A, ROJAS W. *Obtencion de carbon activado a partir de activación química*. Obtenido de Repositorio. Universidad Tecnologia de Pereira: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/6965/628162G869.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

JIMÉNEZ, A. Tesis de Pregrado. *Plan de negocios para la creación de una empresa productora y distribuidora de jugos a base de la fruta jaca en la ciudad de Guayaquil, 2017*. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/2094/1/T-ULVR-1895.pdf>

LUQUE R, CLARK J. *Sustainable Chemical Valorisation of food residues: waste to wealth using green chemical technologies. Processes*. Obtenido de <https://sustainablechemicalprocesses.springeropen.com/articles/10.1186/2043-7129-1-10>

M JAUREGUIBERRY, L. M. *Revista Veterinaria*. Espectrofotometría infrarroja transformada de Fourier para. Obtenido de https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/54641/CONICET_Digital_Nro.830f42f2-ee64-4eaa-bf74-b1bb1c68632f_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y%20%20PAG:76

PCE IBÉRICA S.L. (s.f). *PCE ibérica S.L.* Obtenido de Balanzas para medición de humedad : <https://www.pce-iberica.es/>

PEREZ, G., et al. *Aprovechamiento de las cáscaras de frutas y hortalizas en la elaboración de alimentos balanceados y o abonos orgánicos*. Ciencias tecnológicas. Obtenido de https://www.usfx.bo/nueva/Dicyt/Handbooks/Ciencias%20Tecnol%F3gicas%20y%20Agrarias_2/Ciencias%20Tecnol%F3gicas%20y%20Agrarias_Handbook_Vol%20I/PAPERS_25/Ciencias%20tecnologicas%20Handbook_Vol%20I_6.pdf

RUIZ, L. Trabajo de Pregrado. *Diseño de un secador de bandejas para la deshidratación de plátano en la parroquia Veracruz del cantón Pastaza.* Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/5677/1/96T00337.pdf>

SAVAL, S. Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales:. *BioTecnología, 16(2).* Obtenido de file:///C:/Users/anabe/Downloads/Aprovechamiento_de_Residuos_Agroindustri.pdf

SIMBA, M. *Caracterización físico-química del jackfruit y propuesta de dos alternativas para el procesamiento.* Obtenido de UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5062/1/55526_1.pdf

SOLÍS J, et al., Activated carbon from agroindustrial wastes for. *Tecnología, Ciencia, Educación.* Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/482/48224413006.pdf>

UNIVERSIDAD DE SEVILLA. (s.f). *Manual del carbón activo .* Obtenido de Aguapedia. net: <http://elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: PREPARACIÓN DE SOLUCIONES

PREPACION DE LAS SOLUCIONES

a)



b)



c)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Anabeth Silva Villagomes			
a) Añadiendo el ácido fosfórico (H ₃ PO ₄) sobre la cama de agua. b) Mesclando la solución c) División de las soluciones para cada tratamiento a realizarse.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	20 - 03- 2021

CONTINUACION DE ANEXO A

d)



e)



f)



g)



<p>NOTAS:</p> <p>d) Pesado del $ZnCl_2$</p> <p>e) División de la solución de $ZnCl_2$ al 50</p> <p>f) Pesado de $ZnCl_2$</p> <p>g) División de la solución de $ZnCl_2$ al 20</p>	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:		<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR:</p>				
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA	
				1	1:1	20 - 03 - 2021	

ANEXO B: ACTIVACIÓN DE CARBÓN

ACTIVACIÓN DEL CARBÓN CON H₃PO₄

a)



b)



c)



NOTAS:

- Pesado del carbón para la activación
- Carbón dentro de solución de H₃PO₄ reposando el tiempo establecido
- Filtrado de los carbones antes del lavado

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar |
| <input type="checkbox"/> Información | <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar |

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA
DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
ELABORADO POR:

LÁMINA

ESCALA

FECHA

1

1:1

15 - 02 - 2021

ANEXO C: ACTIVACIÓN DE CARBÓN

ACTIVACIÓN DEL CARBÓN CON $ZnCl_2$

a)



b)



c)



d)



NOTAS:

- a) Pesaje del carbón para añadir a la solución de $ZnCl_2$
- b) Soluciones de 50 y 20 de concentración
- c) Absorción del carbón a la solución
- d) Filtrado de las muestras de carbón

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar |
| <input type="checkbox"/> Información | <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar |

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA
DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
ELABORADO POR:

LÁMINA

ESCALA

FECHA

1

1:1

20 - 03 - 2021

ANEXO D: ANÁLISIS IR

PREPARACION DE MUESTRAS PARA EL ANALISIS IR

a)



b)



c)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Anabeth Silva Villagomes</p>			
<p>a) Secado de las muestras 17h a 30°C b) Molienda del carbón activado c) Separación y etiquetado de las muestras estabilizadas de carbón</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	20- 03- 2021

ANEXO E: SOLUCIONES DE CADMIO

AGITACION DEL CARBON CON LAS SOLUCIONES DE CADMIO

a)



b)



c)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR:			
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Agitación de la solución de cadmio a diferentes concentraciones y carbón activado	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		1	1:1	20 - 03 - 2021
b) Cadmio a distintas concentraciones					
c) Medición de pH para construcción de gráfica					