



**UNIVERSIDAD DE LAMBAYEQUE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**OBTENCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LA CASCARA  
DE NARANJA POR MÉTODO DE ACTIVACIÓN QUÍMICA PARA LA  
ADSORCIÓN DE CLORO Y MATERIA ORGÁNICA DEL AGUA, EN  
LA PROVINCIA DE JAÉN**

**AUTOR:**

**Marín Vásquez Johnny Ananias**

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR EL GRADO DE  
BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Chiclayo – Perú**

**2019**

## Resumen

Uno de los métodos para la elaboración de carbón activado es el método de activación química, estudios recientes garantizan que es el mejor método de activación por el incremento en la concentración de la solución de ácido fosfórico (agente activante), también desarrolla una mayor área superficial y una tendencia similar en cuanto al volumen de microporo. Los parámetros fundamentales que controlan el proceso de activación química y el producto a obtener son la relación de impregnación, la temperatura de activación y el tiempo de residencia.

El presente trabajo se trató de evaluar las condiciones operacionales y la capacidad de adsorción del carbón activo de la cáscara de naranja en tres parámetros importantes temperatura (300, 380 y 400 °C), tiempo (150, 180 y 240 min.) y concentración de ácido fosfórico en diferentes concentraciones (26 %, 50% y 80%), resultando de todas estas operaciones la de mejor rendimiento la de 80% de ácido fosfórico, en un tiempo de 150 min. Y con una temperatura óptima de 400°C, ya que de acuerdo al proceso de impregnación hace que aumente el volumen del carbón y al mismo tiempo la adsorción de cloro, En esta investigación el problema fundamental es cómo lograr que el método de activación química en dos etapas, el carbón activado de cascara de naranja después de haber sido activado con H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> en el tiempo de la segunda carbonización, quedará lista para la adsorción de cloro lo que no sucede con la materia orgánica obteniéndose los mejores resultados en la adsorción de los compuestos halógenos demostrado a través del uso de las pastilla DPD (dietil-p-fenilen-diamina) como indicador respuesta a la presencia de Cloro o Cloraminas.

Finalmente, se logró remover hasta el 100 % del cloro contenido en una muestra en condiciones de laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.

***Palara clave:*** carbón activado, activación química, cascara de naranja, impregnación.

## **Abstract**

One of the methods for the elaboration of activated carbon is the chemical activation method, recent studies guarantee that it is the best activation method due to the increase in the concentration of the phosphoric acid solution (activating agent), it also develops a greater surface area and a similar trend in terms of micropore volume. The fundamental parameters that control the chemical activation process and the product to be obtained are the impregnation ratio, the activation temperature and the residence time.

The present work tried to evaluate the operational conditions and the adsorption capacity of the active carbon of the orange peel in three important parameters temperature (300, 380 and 400 ° C), time (150, 180 and 240 min.) And concentration of phosphoric acid in different concentrations (26%, 50% and 80%), resulting from all these operations the best performance of 80% phosphoric acid, in a time of 150 min. And with an optimum temperature of 400 ° C, since according to the impregnation process it increases the volume of coal and at the same time the adsorption of chlorine, In this investigation the fundamental problem is how to get the chemical activation method into Two stages, the orange peel activated carbon after having been activated with H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> at the time of the second carbonization, will be ready for chlorine adsorption which does not happen with the organic matter obtaining the best results in the adsorption of the compounds Halogens demonstrated through the use of the DPD tablet (diethyl-p-phenylene diamine) as an indicator response to the presence of Chlorine or Chloramines.

Finally, it was possible to remove up to 100% of the chlorine contained in a sample under laboratory conditions of the National University of Jaén.

***Keywords:*** *activated carbon, chemical activation, orange peel, impregnation*

## Índice

I.	Problema de investigación.....	1
1.1.	Situación problemática.....	1
1.2.	Formulación del problema .....	1
1.3.	Objetivos .....	1
1.3.1.	Objetivo general.....	1
1.3.2.	Objetivos específicos .....	1
1.4.	Justificación.....	2
II.	Marco teórico y metodológico.....	2
2.1.	Antecedentes bibliográficos.....	2
2.1.1.	Antecedentes internacionales.....	2
2.1.2.	Antecedentes nacionales .....	3
2.1.3.	Base teórica.....	4
2.2.	Materiales y métodos .....	11
2.2.1.	Tipo de Estudio .....	11
2.2.2.	Diseño de Investigación.....	11
2.2.3.	Variables de estudio .....	11
2.2.4.	Población de estudio .....	12
2.2.5.	Muestra de estudio.....	12
2.2.6.	Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
2.2.7.	Validez: .....	14
2.2.8.	Confiabilidad: .....	14
2.2.9.	Plan de procesamiento para el análisis de datos.....	14
2.2.10.	Diseño y utilización de instrumentos de recolección de datos.....	14
2.2.11.	Recopilación de información.....	14
2.2.12.	Verificación y tabulación de la información,.....	15
2.2.13.	Procesamiento de la información.....	15
2.2.14.	Análisis de la información.....	15
III.	Resultados .....	15
IV.	Conclusiones.....	21
V.	Recomendaciones .....	21
VI.	Referencias bibliográficas.....	22

## Índice de tablas

Tabla 1 Operacionalización de las variables.....	12
Tabla 2 Pruebas de Humedad del laboratorio .....	16
Tabla 3 Pruebas de adsorción remoción de cloro.....	17
Tabla 4 Adsorción del cloro en materia orgánica del agua.....	20

## Índice de figuras

Figura 1. Carbón activado de cáscara de naranja.....	5
Figura 2. Materia Prima. ....	16
Figura 3. Estufa Automática. ....	16
Figura 4. Eliminando la Humedad. ....	17
Figura 5. Colocando las muestras. ....	17
Figura 6. Pastilla DPD. ....	18
Figura 7. Impregnación del H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> . ....	18
Figura 8. Lavado del Carbón Activado .....	18
Figura 9. Comprobando la Adsorción del cloro.....	18
Figura 10. Prueba el cloro DPD se colorea lila.....	19
Figura 11. La adsorción del carbón activado incoloro.....	19
Figura 12. Producto Final. ....	19
Figura 13. Muestras de la Laguna de estabilización. ....	20
Figura 14. Pruebas en el equipo de Multiparámetros. ....	21

## **I. Problema de investigación**

### **1.1. Situación problemática**

La producción de naranja en la provincia de Jaén es un 13% a nivel del departamento de Cajamarca, las personas que cultivan este producto tienen desconocimiento sobre el valor agregado que se le daría al producto además no cuentan con tecnología para la obtención de productos sucedáneos. Además, la generación de residuos orgánicos a partir de naranja en la provincia generados por las juguerías y los vendedores ambulantes de jugo del mismo causan desorden y contaminación a la ciudad y no existe una industria que le dé un valor agregado a este residuo implantando una nueva tecnología para el mejor aprovechamiento de sus subproductos.

Así mismo como se tiene un problema de contaminación del medio ambiente a través de las emisiones del dióxido de carbono producido por la fermentación de la cascara de naranja; también existe contaminación del agua de consumo directo, con altas concentraciones de cloro y materia orgánica presentes en el agua de la EPS Marañón. Por este motivo se está realizando este proyecto de investigación de elaborar carbón activado a partir de cascara de naranja por el método de activación química para la adsorción de cloro y materia orgánica, con la intención de reducir la contaminación del medio ambiente y del agua.

### **1.2. Formulación del problema**

¿Se podrá obtener carbón activado a partir de la cáscara de naranja y la adsorción de cloro en el agua de la empresa prestadora de servicio Marañón, de la misma forma como influye en la materia orgánica del agua?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Extraer carbón activado a partir de la cascara de naranja por método de activación química para la adsorción de cloro y materia orgánica del agua de la empresa prestadora de servicio Marañón.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Obtener carbón activo a partir de cáscaras de naranja mediante activación química usando ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) en diferentes temperaturas (300, 380 y 400 °C), concentraciones ácidas ( 26 %, 50% y 80%) y tiempo variables (150, 180 y 240 min).
- Evaluar la capacidad adsorción del carbón activo al cloro a través de las pastillas DPD y en la materia orgánica disminución de la turbiedad.

#### **1.4. Justificación**

La elaboración de carbón activado a partir de residuos sólidos como la cáscara de naranja, se presenta diversas ventajas; primero por contener un elevado contenido de carbono, lo que permite la carbonización y por ende la impregnación ácida lo que indica que presenta una alta capacidad al intercambio catiónico, es posibilidad de obtener carbones activados de diferentes productos en algunos casos usa a los frutos tipo drupa, en nuestro caso la cascara de naranja resulta un residuo de alta contaminación por su acelerado proceso fermentativo, pero es un material que produce poca cantidad de ceniza lo que hace más probable la obtención de carbón activado

La activación química se lleva a cabo normalmente a una temperatura relativamente más baja que un método físico. Además, el área superficial del producto final es mucho mayor cuando se utiliza la activación química, es por ello por alta porosidad contribuye a la adsorción de cloro, para obtener carbón activo nos basamos en un método fisicoquímico. Y para la determinación del cloro se realiza en forma sensorial al cambio de color al ser agregada la pastilla DPD o caso contrario la Toluidina para determinar la presencia de cloro si lo hay porque hay trazas cloro por muy pequeñas concentraciones que tenga, pero si agregamos DPD y la solución no cambia de color estamos frente a una adsorción directa del cloro.

Es importante extraer carbón activado por sus precios elevados, siendo muy usados en la industria alimentaria, por ser un gran decolorante, se usa mucho en la emulsificación de las grasas como la mantequilla entre otros.

Esta investigación se realizará con el propósito de eliminar la concentración de cloro en las aguas, ya que esta nos causa un sabor desagradable en el caso de las aguas con materia orgánica la única función es disminuir su turbiedad.

## **II. Marco teórico y metodológico**

### **2.1. Antecedentes bibliográficos.**

#### **2.1.1. Antecedentes internacionales.**

Según García y Granillo (2017), En su investigación fue la evaluación de las condiciones operacionales en la preparación de carbón activo a partir de cáscaras de naranja Valencia (Citrus Sinensis Linn Osbeck), este es un residuo proveniente del proceso de manufactura de jugos en NAISA (Nicaragua Agroindustrial S.A.). La activación del carbón se llevó a cabo mediante un proceso químico con ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) como agente activante, variando la concentración del ácido, tiempo y temperatura de carbonización. Se utilizó metodología normalizada de ASTM y ANSI/AWWA para calcular los parámetros



físicoquímicos como: número de yodo, área superficial, porosimetría, capacidad de adsorción. se controlaron las condiciones óptimas de las variables operacionales de la preparación de carbón activo a partir de cáscara de naranja Valencia, siendo estas: tiempo de carbonización de 3 horas, temperatura de carbonización a 450°C y ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) al 26%; correspondiente al carbón activo número 4, cuya área superficial corresponde a 647 m<sup>2</sup>/g y su capacidad de adsorción igual a 95 mg/g. Concluyendo que los carbones elaborados a partir de cáscara de naranja valencia son mesoporosos presentando buenas características adsorbentes capaces de adsorber moléculas de tamaño medio como son olores y colores. Finalmente, la investigación apunta a aumentar el rendimiento económico y productivo de pymes y microempresas al brindarle valor agregado a los desechos orgánicos provenientes de sus procesos, dando pauta a las procesadoras de Nicaragua a incrementar el aprovechamiento de todos los subproductos. (García López & Granillo Oporta, 2017).

Según Sepúlveda (2014) Propone que actualmente es necesaria la búsqueda de alternativas para la eliminación de este contaminante de las aguas que se vierten a los cuerpos de agua a fin de evitar el daño a la salud del hombre, a los ecosistemas acuáticos y al medio ambiente. Cabe destacar que el presente trabajo es el primero en generar carbón activado a partir de la cáscara de frijón de soya, por lo que representará un conocimiento adicional en el campo de la adsorción de contaminantes tales como el colorante verde de malaquita en soluciones acuosas. Se propone optimizar la producción y propiedades adsorbentes del carbón activado a partir de la cáscara de frijón de soya que es un residuo abundante, rico en carbón y que no ha sido aprovechado con este fin. (Sepúlveda Cervantes, 2014).

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Según Reátegui (2017) Comprobó que se puede obtener carbón activado a partir de la cáscara del fruto de la calabaza (*Cucurbita ficifolia*). Utilizó el método químico con dos variables: agente activante (ácido fosfórico al 30 por ciento y 60 por ciento y cloruro de zinc al uno por ciento) y tiempos de activación (45, 60 y 75 minutos). Para obtener el tratamiento óptimo, se realizó una caracterización físico-química y una evaluación de las capacidades de adsorción en azul de metileno y cromato en tres concentraciones distintas. Este carbón activado presento las siguientes características físico-químicas: porcentaje de humedad y cenizas fueron 7,33 y 4,59 por ciento respectivamente; el pH, 2,32 y la densidad aparente, 0,375 g/cm<sup>3</sup>. Por otro lado, todos los carbones activados obtenidos presentaron una buena capacidad de adsorción de azul de metileno (90 por ciento) y solo, los carbones activados obtenidos con

ácido fosfórico presentaron una buena capacidad de adsorción de cromato (85 por ciento). (Reátegui Ochoa, 2017)

Según Uechi (2016), En su investigación acerca del estudio del proceso de adsorción de cadmio y cromo presentes en soluciones acuosas utilizando carbones activados modificados. Se utilizó como materia prima un carbón activado comercial. Para la modificación superficial del carbón activado, se trabajó con HCl, HNO<sub>3</sub>, NaOH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y NaCl, a distintas concentraciones. Para las soluciones ácidas, básica y salina, el tiempo de reacción fue de 24 h a 50°C, mientras que, para el agua oxigenada fue de 3 h a temperatura ambiente. (Uechi López, 2016).

### **2.1.3. Base teórica**

#### **Términos claves**

##### **a. Naranja**

Es un árbol frutal del género citrus que forma parte de la familia de las rutáceas. Su fruto es la naranja ácida, con un pH entre 2.5 y 3, según la madurez, tamaño y variedad de la pieza. Por su contenido en azúcares simples no destaca tanto el sabor ácido. El componente principal de la naranja es la vitamina C la cual forma parte de las necesidades diarias del cuerpo humano. También contiene sustancias no-nutritivas entre las que cabe destacar la presencia de fotoquímicos, tales como flavonoides (con efectos antioxidante, antiinflamatorio y antitumoral) y limonoides (anticancerígeno) (Morales & Noriega, 2015).

##### **b. Características de la naranja**

La naranja es un fruto de sabor dulce (*Citrus sinensis*), originario de Asia Oriental, pero es un producto cosmopolita, Pertenece a la familia de las Rutáceas, en la que se incluyen más de 1600 especies. El género botánico Citrus es el más representativo de toda la familia y tiene unas 20 especies comestibles. Esta planta demanda grandes cantidades de agua (entre 9000 y 12000 m<sup>3</sup>/Ha). Utilizar riego por inundación en parcelas pequeñas, aunque actualmente la tendencia es a hacer uso del riego localizado y el riego por aspersión en extensiones grandes de regiones frías, pues es una protección contra las heladas. (Polanco Zambrano, 2017)

##### **c. Residuos de la naranja**

El desarrollo creciente de agroindustrias, como la de cítricos ha generado gran producción de residuos agroindustriales. Estas cifras de producción muestran la futura disposición de residuos cítricos, teniendo en cuenta que, en el proceso de extracción, se obtiene como residuo

entre el 45 y 60% de su peso y está distribuido en: cáscaras (50 a 55% del residuo), el hollejo (de 30 a 35%) y semillas (alrededor del 10%) (Garzón & González, 2012).

#### **d. Carbón activo**

El carbón activado, o carbón activo, es un material de carbón poroso. Un material carbonizado que se ha sometido, a reacción con gases oxidantes (como  $\text{CO}_2$  o aire), o con vapor de agua; o bien a un tratamiento con adición de productos químicos como el  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , durante (o después) de un proceso de carbonización, con el objeto de aumentar su porosidad. Los carbones activados poseen una capacidad de adsorción elevada y se utilizan para la purificación de líquidos y gases. Mediante el control adecuado de los procesos de carbonización y activación se puede obtener una gran variedad de carbones activados que posean diferentes distribuciones de tamaño de poros. (Castro, Flores, & Martínez, 2009)

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, el carbón activado es un producto muy cotizado en el mercado mundial, por sus innumerables aplicaciones en los campos de: la medicina, la industria biofarmacéutica y el medio ambiente. Su producción es controlada por países altamente desarrollados como Holanda, Reino Unido, Japón, Alemania y los Estados Unidos (Pilamonta, 2013)



*Figura 1.* Carbón activado de cáscara de naranja

#### **e. Aplicaciones del carbón activo**

##### **Remoción de impurezas en aguas potables y tratamiento de agua en procesos industriales.**

En la purificación del agua, el carbón activado cumple un rol importante atrapa a los iones halogenuros como el cloro, ya que este da mal olor a las aguas, no elimina bacterias, pero clarifica el agua, disminuye la turbiedad y le da una mejor apariencia o brillo, por ello que es muy utilizada en la industria alimentaria como clarificante, se usa en forma granular por tener mayor área de contacto con el agua.

##### **Uso médico**

El carbón activado es una gran ayuda en terapias de desintoxicación, especialmente del colon, además es el componente principal en varios productos que se usan para realizar diferentes procesos de desintoxicación.

El carbón activado es utilizado para tratar envenenamientos y sobredosis por ingestión oral. Previene la absorción del veneno en el estómago. Además, se utiliza en la eliminación de impurezas incoloras de productos químicos en la industria farmacéutica.

##### **Recuperación de solventes**

Cuando los solventes están contaminados con impurezas por el continuo uso se debe adicionar al solvente carbón activado pudiendo ser eliminadas el contaminante por adsorción, este insumo clarificar todas los solventes químicos, en caso de saturarse el carbón activado se activa con una concentración de hipoclorito de sodio al 1 % o caso contrario por calentamiento a 80°C ya que a esta temperatura se volatiliza el 100% de Cloro.

##### **Purificación de aire y gases**

Se hace recircular el aire pasándolo continuamente a través de una columna de carbón activado granular. Los filtros con carbón activado granular se utilizan generalmente en la purificación de aire y de gas para quitar vapores de aceite, olores y otros hidrocarburos del aire y del gas comprimido. Los diseños más comunes utilizan un principio de la filtración de una o dos etapas donde el carbón activado se introduce como medio filtrante.

##### **Evitar la maduración prematura de frutas y verduras**

El carbón activado puede ser utilizado como adsorbente de etileno, con lo cual se evita la maduración prematura de frutas y verduras.

##### **Recuperación de oro y plata**

Varios procesos en la minería utilizan el carbón activado para recuperar oro y plata de soluciones cianuradas. La selectividad del carbón activado por el oro es mayor que por la plata, debido a problemas de tamaños relativos de estos átomos y densidad de carga.

## **Catálisis**

El carbón activado es usado como catalizador en diversas reacciones, como soporte de otros catalizadores y como promotor de una reacción específica cuando existen dos reacciones alternativas.

## **Decoloración de azúcares, mieles y caramelos**

El carbón activado es empleado en las refinerías de azúcar de remolacha como adsorbente de impurezas coloreadas; el carbón activado proporciona un producto de mayor calidad y además permite flexibilidad en la manufacturación.

## **f. Método de activación**

La obtención de carbón activo está basada en dos etapas fundamentales: La carbonización de la materia prima y la activación del producto carbonizado. En general todos los materiales carbonosos pueden ser transformados en carbón activo, siendo las propiedades del producto final dependientes de la naturaleza de materia prima, el agente activante y el proceso de activación.

## **g. Activación química**

Este proceso se efectúa a temperaturas que varían desde 300 hasta 400°C y como resultado, se obtiene un producto de estructura porosa muy desarrollada, con elevadas propiedades de adsorción, que constituyen la base de su amplia y variada aplicación industrial su volumen aumenta es muy ligero, en nuestro proyecto demostramos la adsorción con las pastillas DPD, esta activación es muy violenta.

## **Tipos de carbón activados**

Los carbones activos pueden clasificarse de acuerdo al tamaño de las partículas en dos grupos: CAP y CAG. (Web.archive, s.f.).

### **1.- Carbón activo en polvo (CAP)**

Diámetro entre (1.5x10<sup>4</sup>-2.5x10<sup>4</sup>) nm

### **2.- Carbón activo granular (CAG)**

Tamaño medio de partícula entre(1x10<sup>6</sup>-5x10<sup>6</sup>) nm

Se divide en dos categorías

a. Carbón activado troceado (o sin forma)

b. Carbón activado conformado (o con una forma específica, cilindros, discos).

## **h. Proceso de adsorción**

En la actualidad, la adsorción es considerada como una de las mejores técnicas de remoción de contaminantes y entre los adsorbente el carbón activado (CA) es el más usado por su gran capacidad para adsorber numerosos compuestos debido a sus propiedades físicas y

químicas. Este proceso consiste en la fijación de moléculas en la superficie de un sólido debido a la presencia de fuerzas de atracción intermoleculares en sitios específicos del sólido denominados centros activos. El proceso contrario se denomina desorción.

En términos generales el proceso de adsorción consiste en la captación de sustancias solubles presentes en la interface de una solución, pudiendo constituirse dicha interface entre un líquido y un gas, un sólido o entre dos líquidos diferentes.

El sólido que adsorbe las moléculas se denomina adsorbente, la sustancia a adsorber se denomina adsortivo y la sustancia que se encuentra adsorbida se denomina adsorbato. La adsorción es un proceso exotérmico debido a la disminución de energía cinética de las moléculas del adsortivo.

La superficie del adsorbente puede ser homogénea o heterogénea. Superficies homogéneas presentan sitios activos con la misma interacción de fuerzas en toda el área disponible para la adsorción. En la práctica, sin embargo, se encuentran superficies heterogéneas con sitios activos con diferentes niveles de energía.

La Capacidad de adsorción depende de:

- ✓ Tipo de adsorbente
- ✓ Presión
- ✓ Temperatura
- ✓ Tipo de contaminante.

## **i. Parámetros de adsorción del carbón activado**

### **Porosidad**

La correcta distribución de los tamaños de poros es necesaria para facilitar el proceso de adsorción facilitando sitios de adsorción y apropiados canales para transportar el adsorbato. El método estándar de caracterización para la determinación del volumen de macro y mesoporos es la intrusión de mercurio. Este método se basa en el hecho de que el mercurio líquido penetra en la estructura porosa del carbón activado solamente bajo el efecto de la presión. (Ures, Suarez, & Jácome, 2015).

### **Área superficial**

Su determinación se realiza a partir de mediciones experimentales de isothermas de adsorción y cálculos de la cantidad máxima adsorbida. Los carbones activos pueden presentar superficies específicas del orden de 500 m<sup>2</sup>/g a 2000 m<sup>2</sup>/g e incluso llegar a los 3000 m<sup>2</sup>/g. Los elevados valores de superficie específica se deben a la porosidad que presentan los materiales carbonosos. En principio, se podría creer que a mayor superficie específica mejores

serán las características como adsorbente del carbón activado, puesto que habría un mayor número de centros para adsorber el adsorbato. Sin embargo, esto no siempre es cierto ya que dependiendo del tamaño de las moléculas del adsorbato (puede suceder que éstas sean mayores que algunos de los poros) la superficie sea accesible.

La mayoría de estos adsorbtivos comparten las siguientes características:

- ✓ Son inertes químicamente.
- ✓ Tienen una presión de saturación elevada.
- ✓ La temperatura de adsorción se puede lograr de manera simple con sistema criogénico (Nitrógeno, Dióxido de carbono sólido, hielo).
- ✓ Tienen una forma molecular bastante cercana a una esfera.

### **Temperatura**

El alcance de la adsorción puede verse incrementado con un decrecimiento de la temperatura debido a que las relaciones de adsorción son exotérmicas. Sin embargo, el incremento de la temperatura también incrementa el grado de difusión del soluto en la fase líquida hacia los centros de adsorción, lo que eventualmente conduce a una adsorción mayor. Una diferencia importante en la adsorción de los solutos con respecto a los gases se encuentra en el rol de la temperatura.

Un aumento de la temperatura incrementa la tendencia de un gas a escapar de la interfaz, lo que provoca una reducción de la adsorción. Sin embargo, en adsorción desde líquidos, la influencia de la temperatura en la afinidad de los disolventes es dominante. (Ures, Suarez, & Jácome, 2015).

### **j. Características físico-químicas del adsorbato**

La absorbancia de un compuesto incrementa al incrementar su peso molecular y al incrementar el número de grupos funcionales como enlaces dobles y halógenos. Las moléculas grandes son adsorbidas sobre CA mejor que las moléculas pequeñas. El grado de solubilidad del soluto está también relacionado de forma directa con la adsorción.

Existe una relación inversa entre la capacidad de adsorción de un soluto particular y su solubilidad en el disolvente desde el cual se produce la adsorción. Una alta solubilidad implica que los enlaces soluto-disolvente son más fuertes que las fuerzas de atracción entre el soluto y el adsorbente. (Ures, Suarez, & Jácome, 2015)

### **pH**

Las moléculas orgánicas forman iones negativos a altos valores de pH, iones positivos a valores bajos de pH y moléculas neutras a valores intermedios de pH. La adsorción de la mayoría de materiales orgánicos es mayor en condiciones neutras.

En general, la adsorción de la fase líquida de contaminantes orgánicos por CA incrementa con la reducción de pH. Este efecto resulta de la neutralización de cargas negativas en la superficie del CA a valores bajos de pH.

La neutralización de cargas negativas reduce los impedimentos a la difusión y conduce a un mayor número de centros de adsorción activos. El alcance de este efecto varía con la técnica de activación del carbón. Las diferencias de valores de pH pueden a su vez aumentar debido a grupos funcionales ácidos o básicos sobre el CA. Estos grupos pueden ser liberados por el simple contacto con agua destilada mejor que los grupos funcionales fijados a la superficie. Una relación inversa ha sido hallada entre la capacidad de adsorción y la acidez de la superficie. (Ures, Suarez, & Jácome, 2015).

### **Tiempo de contacto**

Un suficiente tiempo de contacto es requerido para que puedan interactuar las moléculas de la sustancia que se adsorbe con el sólido adsorbente y se logre alcanzar el equilibrio, maximizando la eficiencia de adsorción. (Soto, 2007).

### **Densidad**

Es el peso en g/cm<sup>3</sup> de carbón totalmente seco en aire, es decir incluye el volumen de los poros y el de los espacios entre las partículas. Esta variable es la base para establecer el volumen de cama necesaria para una masa de carbón activo granular. También sirve como referencia para la identificación de carbones activos de calidad, ya que densidades mayores entregan un mejor volumen de actividad. (Soto, 2007).

### **Tamaño de partícula**

Tamaños menores proveen radios de adsorción más rápidos el cual reduce la cantidad de tiempo de contacto requerida. Cuanto más fino es el tamaño de las partículas de un determinado carbón activado, mejor es el acceso al área superficial y más rápida es la tasa de cinética de absorción. En sistemas de fase vapor, esto se debe considerar junto con la caída de presión, que afecta los costos energéticos.

Una elección cuidadosa del tamaño de las partículas puede proveer significativos beneficios operativos. (Soto, 2007)

### **Dureza**

Mide la resistencia al agotamiento de los carbones activados y es un indicador importante para mantener su integridad física, mantener las fuerzas friccionales impuestos por repercusiones, etc. (Soto, 2007)



Existen varios métodos para evaluarla, aunque desafortunadamente ninguno de ellos simula las condiciones reales que provocan la erosión y el rompimiento del carbón en las diferentes etapas de su uso.

### **Contenido de cenizas**

Son el residuo que queda después de calcinar el carbón a 650°C hasta llegar a peso constante. Es un indicador de la calidad del carbón consumido. Reduce toda la actividad del carbón activado y la eficiencia de reactivación, la cantidad y composición de las mismas puede influir en la adsorción y en ciertas propiedades del carbón activo. (García, 2013).

### **Materias solubles en agua**

Son las cenizas (y/o materia inorgánica) que se disuelven en agua. En ciertas aplicaciones el producto tratado se puede ver afectado por la cantidad y el tipo de estas sustancias. En caso de tratamientos de agua esta propiedad puede cobrar importancia cuando afecta al pH, siendo una estimación de la pureza de los carbones activados en relación a las sustancias extractables en estos medios. (Hernández, Otero, Falcón, & Y., 2017)

## **2.2. Materiales y métodos**

### **2.2.1. Tipo de Estudio**

El presente trabajo es de tipo experimental donde se busca dar un valor agregado a la cascarilla de naranja, mediante la obtención de carbón activado, para ello se manipulará variables importantes en todo proceso, como: temperatura óptima en la elaboración de carbón activado 400° C, tiempo 150 minutos y concentración del 80% ácido fosfórico.

Según el análisis y el alcance de los resultados, esta investigación busca solucionar o atacar problemática en forma puntual, presentando los hechos con resultados reales.

### **2.2.2. Diseño de Investigación.**

Es tipo experimental, según el período y secuencia del estudio.

### **2.2.3. Variables de estudio**

#### **Variable dependiente:**

Adsorción de cloro en agua y materia orgánica en agua.

#### **Variable independiente:**

Método de activación química.

Tabla 1

Operacionalización de las variables

	Variable	Definición	Indicadores	Escala de medición	Definición Operacional
Dependiente	Adsorción del cloro en agua y materia orgánica en agua.	Es un procedimiento que consiste determinar la presencia de cloro tanto en el agua potable como en la materia orgánica del agua.	Reacción a la coloración.	Adsorción.  Colorimetría	Pruebas DPD Cloro Libre Cloro Total
	Método de activación química	Es un método muy utilizado en la elaboración de carbones activados, en la fase de impregnación dependiendo del ácido a utilizar.	Adsorción de cloro	DPD  Turbiedad	DPD Cloro Libre Cloro Total

Fuente: Elaboración propia

#### 2.2.4. Población de estudio

La población está conformada por las cáscaras de naranjas desechadas por los vendedores ambulantes y juguerías de la provincia de Jaén.

#### 2.2.5. Muestra de estudio.

Se tomaron tres muestras de cascara de naranja 100 gramos de cascara fresca, se hicieron tres procesos a diferentes temperaturas (300, 380, 400°C), tiempos de (150, 180 y 240 minutos), y con concentraciones de ácido de (26, 50 y 80%), quedando listas para su análisis en el laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Jaén, de la carrera de Ingeniería de Industrias Alimentarias.

## **2.2.6. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **a. Método factorial completo para diseño de experimentos**

Este método permitió estudiar los efectos que pueden tener varios factores sobre una respuesta. Al realizar el diseño de experimento, el hecho de variar los niveles de todos los factores al mismo tiempo en lugar de uno a la vez permite estudiar las interacciones entre los factores.

### **b. Descripción del proceso**

#### ***Obtención de la materia prima***

El material de partida son las cáscaras de naranja de la variedad (*Citrus × aurantium L*) provenientes de los vendedores ambulantes y juguerías. Se selecciona la cáscara a secar; en dos procesos uno seco solar aproximadamente 24 horas, segundo secado mecánico uso de la estufa, por un espacio de 3 horas a una temperatura de 133 °C para eliminar la humedad.

#### **1. Selección y clasificación**

Se verifica las condiciones de la cáscara de naranja, tiene que debe ser la más uniforme extrayendo cualquier impureza, para que tenga un mejor contacto con el calor.

#### **2. Primera molienda**

Triturar la cáscara de naranja previamente cuando se eliminado en gran parte la humedad pre carbonizada, con un mortero o molino hasta alcanzar un tamaño de aproximadamente 1mm. de diámetro.

#### **3. Primer lavado**

Se hace un lavado de la cáscara, con agua des ionizada en régimen de agitación a 1.100 rpm durante un periodo de 2 horas.

#### **4. Pre incineración o primer secado**

Se pre incineran tres muestras de cáscaras de naranja secas en una mufla a razón de 300, 380 y 400°C tres muestras diferentes tiempos 150, 180 y 240 min respectivamente.

#### **5. Impregnación de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>**

Para la activación de cada carbón se procesan 100 g de cáscara pre incinerada y triturada de naranja se adiciona el agente activante (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) a una concentración de 26% y 50% y 80 p/p dependiendo el número de ensayo, en relación 1:3 (por cada gramo de muestra pre carbonizada 3 mL de ácido de acuerdo a su concentración y tiempo). Mezclar con una bagueta hasta alcanzar la homogeneidad de la muestra.

#### **6. Carbonización**

Se introduce la mezcla en una mufla para ser sometido a carbonización a razón de 150, 180 y 240 minutos.

## **7. Lavado**

Seguidamente se lava el carbón obtenido con agua destilada caliente sucesivas veces para eliminación de los restos de ácido hasta alcanzar un pH aproximadamente 7 neutro.

## **8. Secado**

Secar el carbón activo durante 24 horas a 60°C a 80°C en un horno giratorio en la campana de secado por n espacio de 24 horas

## **9. Segunda molienda**

Se tritura y tamiza el carbón obtenido en malla número 60, y 100  $\mu\text{m}$  para su utilización en los diferentes análisis.

### **c. Instrumentos:**

Para la recolección de datos se utilizó como instrumento el diagrama de flujo (Anexo 1) obteniendo datos característicos por cada etapa, para evaluar la eficiencia del carbón activado de acuerdo a los parámetros físicos y químicos que se usan en todo el proceso algunos equipos como la mufla, el secador, estufa, soporte universal, etc.

#### **2.2.7. Validez:**

La validez se aplica mediante el análisis del juicio de expertos, pruebas de adsorción en agua potable y agua con materia orgánica.

#### **2.2.8. Confiabilidad:**

Para la confiabilidad se aplicará una prueba cualitativa o sensorial por o contar con equipos de absorción atómica o de llama.

#### **2.2.9. Plan de procesamiento para el análisis de datos.**

La presentación de los datos obtenidos se realizará utilizando tablas de frecuencia, aplicando para ello el programa estadístico de tendencia.

Es una forma de presentar ordenadamente un grupo de datos u observaciones. La estructura depende de la cantidad y tipo de variables que se analizan.

#### **2.2.10. Diseño y utilización de instrumentos de recolección de datos.**

Se ha diseñado un cuestionario, el cual constará de varios ítems respectivamente, donde se han planteado preguntas referentes al objeto de estudio.

#### **2.2.11. Recopilación de información.**

Se dará posterior a la aplicación de los instrumentos elegidos, mencionados anteriormente.

#### **2.2.12. Verificación y tabulación de la información,**

Para la verificación y tabulación de datos en cuadros para su procesamiento.

#### **2.2.13. Procesamiento de la información.**

La información será procesada de acuerdo a los objetivos específicos.

#### **2.2.14. Análisis de la información.**

Para el análisis de la información se utilizarán las técnicas tabla de frecuencias, gráficos y el análisis porcentual, y sensorial como color posteriormente serán interpretados y analizados teniendo en cuenta los objetivos.

### **III. Resultados**

Después de haber realizado todos los procedimientos para obtener el carbón activado se logró el objetivo, sin antes de haber realizándose tres repeticiones con ácido fosfórico a diferentes concentraciones (26%, 50% y 80 %), temperaturas (300, 380, 400°C), tiempos de (150, 180 y 240 minutos), todos dieron carbón activado la diferencia que los dos primeros no eran muy eficientes a la adsorción del cloro, y su rendimiento era en un 25% de carbón activado de aspecto terroso con una concentración del 26%, temperatura de 300°C en un tiempo de 150 minutos, la segunda muestra tuvo un rendimiento del 32% de carbón activado de una aspecto semi-granular a temperatura de 380°C y un tiempo de 180 minutos, la tercera muestra es la más óptima en rendimiento con un 60% de carbón activado de aspecto granular, lo que le permite hacer una buena adsorción del cloro con una temperatura de 400°C y con un tiempo de 240 minutos, para dar respuesta al objetivo trazado se hicieron las pruebas cualitativas que se muestran en la Tabla 3.

La coloración Lila en las muestras de agua indica la presencia de cloro (antes del carbón activado), al pasar el agua por el carbón activado se analiza la sustancia recogida y se hace otra vez la prueba de DPD, tornándose incoloro, lo que indica el poder de adsorción, dando respuesta a nuestro objetivo.

Tabla 2.

Pruebas de Humedad del laboratorio.

Nº	Placa Petri (g)	Peso Total	Muestras	Humedad
1	105.9	115.57	28.55	8.3672
2	106.15	113.59	15.91	6.5499
3	106.46	116.65	27.54	8.7355
4	107.84	118.71	28.57	9.1568
5	101.25	110.25	22.14	8.1633
6	106.46	116.65	27.54	8.7355
7	108.15	119.01	22.4	9.1253
8	106.12	118.32	19.87	10.3110
9	104.25	112.96	25.4	7.7107
10	103.95	113.69	19.8	8.5672
<b>Humedad Promedio</b>				<b>8.542235</b>

Fuente: Elaboración Propia



Figura 2. Materia Prima



Figura 3. Estufa Automática



Figura 4. Eliminando la Humedad



Figura 5. Colocando las muestras

Tabla 3.  
Pruebas de adsorción remoción de cloro

Tratamiento	Muestra 100g		
	Prueba DPD	Rendimiento	Apariencia
<b>T= 300°C</b> <b>t=150 min</b> <b>H3PO4= 26%</b>	Color Lila	25	Terrosa
<b>T= 380°C</b> <b>t=180 min</b> <b>H3PO4= 50%</b>	Color Lila	32	Semi - granular
<b>T= 400°C</b> <b>t=240 min</b> <b>H3PO4= 80%</b>	Transparente	60	Granular

Fuente. Elaboración propia.



*Figura 6. Pastilla DPD*



*Figura 7. Impregnación del H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>*



*Figura 8. Lavado del Carbón Activado*



*Figura 9. Comprobando la Adsorción del cloro*





Figura 10. Prueba el cloro DPD se colorea lila    Figura 11. La adsorción del carbón activado incoloro

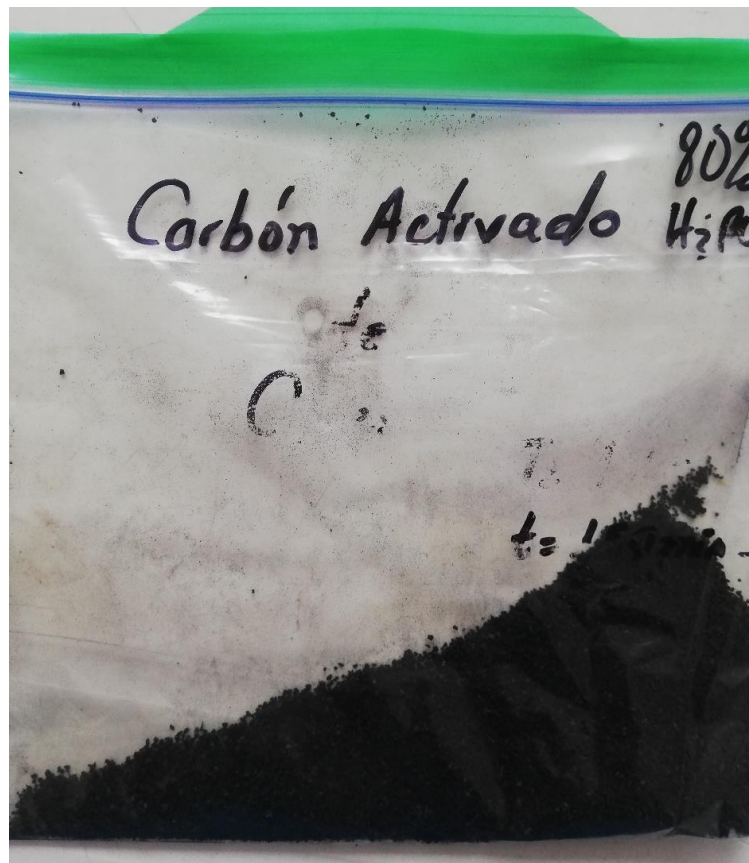


Figura 12. Producto Final

Al evaluar la capacidad adsorción del carbón activo en la materia orgánica del agua residual no dio resultado en la adsorción como se había trazado en la investigación no hubo cambios de color ni tampoco disminución en su turbiedad pruebas que nos permiten demostrar interferencia de otros productos sean metales pesados, grasas, detergentes, etc.

*Tabla 4.*

Adsorción del cloro en materia orgánica del agua

Muestras	Antes		Después	
	Turbiedad (NTU)	Color	Turbiedad	Color
<b>M1</b>	148	No reacciona	148	No reacciona
<b>M2</b>	148	No reacciona	148	No reacciona
<b>M3</b>	148	No reacciona	148	No reacciona

Fuente. Elaboración propia.



*Figura 13.* Muestras de la Laguna de estabilización.

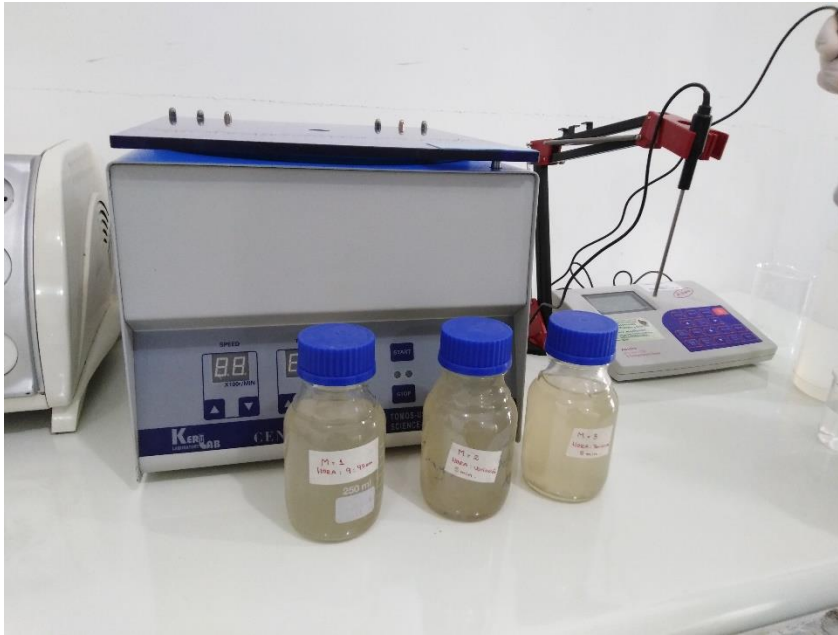


Figura 14. Pruebas en el equipo de Multiparámetros

#### IV. Conclusiones

- Se obtuvo carbón activado con un rendimiento del 60% con las condiciones de operación de 400°C con una concentración de ácido fosfórico del 80% y en un tiempo de 240 minutos, lo que nos indica que es un producto disponible para el mercado, por ser de una gran capacidad de adsorción al cloro, su acción es inmediata lo que no sucede con las otras muestras.
- En el segundo objetivo del agua con materia orgánica no sucede lo mismo por haber interferencia de diferentes compuestos por arrastre ya sea jabones, detergentes o algún compuesto químico que produzca interferencia al llegar a las lagunas de oxidación.

#### V. Recomendaciones

- Es importante eliminar 100% la humedad de la materia prima para evitar la interferencia de la actividad del agua de la fruta, se debe usar otros ácidos para ir probando el mayor rendimiento en la actividad a la adsorción del cloro, teniendo en cuenta su efecto y toxicidad de los insumos a trabajar.
- El carbón activado tiene varios usos tanto en la industria alimentaria como en el tratamiento de aguas a escala industrial una de las recomendaciones este producto tiene excelente adsorción del cloro, por eso es bueno investigar otros sub producto evaluado su eficiencia y rendimiento una de las recomendaciones es probar con otros productos de desecho como el tamo del café, la pepa de mamey entre otros.

## VI. Referencias bibliográficas

- Castro, L., Flores, N., & Martínez, A. (2009). Elaboración de carbón activado a partir de cáscara de naranja. México.
- García López, R. A., & Granillo Oporta, Y. A. (2017). EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES OPERACIONALES EN EL PROCESO DE PREPARACIÓN DE CARBÓN ACTIVO DE CÁSCARA DE NARANJA VALENCIA (*Citrus Sinensis* Linn Osbeck), LABORATORIOS DE QUÍMICA UNAN-MANAGUA, II SEMESTRE 2016. *UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA*.
- García, F. (2013). Planta de producción de carbón activo.
- Garzón, J., & González, L. (19 de setiembre de 2012). Adsorción de Cr (VI) utilizando carbón activado a partir de cáscara de naranja.
- Hernández, M., Otero, A., Falcón, J., & Y., Y. (2017). Características fisicoquímicas del carbón activado en concha de coco modificado con HNO<sub>3</sub>. *Scielo*, 26-38.
- Morales, J., & Noriega, L. (21 de Setiembre de 2015). *Frutas*. Obtenido de <http://biotecnologiwork.weebly.com/>.
- Pilamonta, J. (2013). Mejoramiento del carbón activado contaminado en el tratamiento de agua potable.
- Polanco Zambrano, A. (2017). Naranja, características, variedades, propiedades y beneficios. Naranja árbol.
- Reátegui Ochoa, K. (2017). Obtención de carbón activado a partir de la cáscara del fruto de la calabaza (*Cucurbita ficifolia* Bouché).
- Sepúlveda Cervantes, C. V. (2014). PRODUCCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE FRIJOL DE SOYA PARA SU APLICACIÓN COMO ADSORBENTE EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CONTAMINADAS CON COLORANTE VERDE DE MALAQUITA. *UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON*.
- Soto, F. (2007). Evaluación técnico económica de una planta de carbón activado. Chile, Chile.
- Uechi López, J. A. (2016). ESTUDIO DEL PROCESO DE ADSORCIÓN DE CADMIO Y CROMO PRESENTES EN SOLUCIONES ACUOSAS UTILIZANDO CARBONES ACTIVADOS MODIFICADOS. *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ*.
- Ures, P., Suarez, J., & Jácome, A. (2015). Adsorción en carbón activo. La Caruña, España.