

## **Purificación de agua mediante carbón activo proveniente de la cáscara de arroz.**

### **Water purification using activated carbon from rice husk.**

\*Freddy Alberto Pereira Guanuche.

Luis Alberto Cedeño Sares

Antonio Manuel Romerosa Nieves

Miguel Alejandro Matamoros Morales

#### **Afiliación:**

Universidad Técnica de Machala, Machala-Ecuador GPR 065 [fpereira@utmachala.edu.ec](mailto:fpereira@utmachala.edu.ec)

#### **Resumen:**

El presente trabajo de investigación se realiza en el Laboratorios de Investigaciones de la Unidad de Ciencias Químicas y de la salud de la Universidad Técnica de Machala UTMACH y la Laboratorios de Universidad de Almería UAL España; Se aprovecha la cascarilla de arroz del sector productivo de La Cuca ubicado en el Cantón Arenillas de la Provincia de El Oro. En este sector la cascarilla de arroz es considerada por su desconocimiento, como desecho agrícola, que causa contaminación ambiental debido a su acumulación o a los gases desprendidos durante su incineración. Las actuales investigaciones han motivado a continuar con este trabajo, el mismo que en el futuro debe proponer la adsorción en fase líquida.

Se elabora carbón activado a partir de la cascarilla de arroz, en base a los estudios previos realizados con esta materia prima. Para esta investigación se ha elegido trabajar con la activación química, porque presenta ciertas ventajas comparadas con la activación física.

Las principales ventajas radican en que proporciona altos rendimientos, se desarrolla a bajas temperaturas, se requiere menor tiempo de activación, y por lo general desarrolla un alto grado de porosidad.

Cuando se activa químicamente el lavado debe ser exhaustivo del carbonizado resultante, con el fin de eliminar los residuos.

Los resultados preliminares de esta investigación demuestran, que es posible elaborar carbón activado con la cascarilla de arroz obteniendo un 81%, un buen desempeño de adsorción y una diferencia con el costo real actual en el mercado del 25%.

**Palabras Claves:** Biocida, Incineración, Activación, Porosidad y Carbonizado.

## Summary

This research was performed at the Laboratory of Unit of Chemistry and health of the Technical University of Machala UTMACH and Laboratories UAL University of Almeria Spain; Rice husk production sector of La Cuca located in the canton Arenillas of the Province of El Oro is utilized. In this sector the rice husk is considered by ignorance, as agricultural waste, causing environmental pollution due to accumulation or the gases released during incineration. Current research has motivated to continue this work, the same as in the future be proposed liquid phase adsorption.

Activated from rice husk carbon is produced, based on previous studies with this raw material. For this research it has chosen to work with the chemical activation because it presents certain advantages over physical activation.

The main advantages are that provides high yields, is developed at low temperatures, shorter activation is required, and usually develops a high degree of porosity.

When chemically activated to be exhaustive washing of the resulting carbonized, in order to remove debris.

Preliminary results of this research demonstrate that it is possible to produce activated carbon with rice husk getting 81%, a good performance of adsorption and a difference with the current actual cost on the market of 25%.

**Keywords:** Biocide, incineration, Activation, porosity and charred.

## Objetivos

### Objetivo General:

Obtener carbón activado adecuado para la purificación y potabilización de aguas.

### Objetivos Específicos:

- Determinar la velocidad de adsorción.
- Medir la eficiencia de empaquetamiento de carbón activado.
- Fabricar filtros que contengan carbón activado empaquetado que puedan adaptarse a botellas o grifos, de forma que sólo pasando el agua contaminada por ellos se purificaría.
- Utilizar filtros que contengan carbón activado empaquetado, sistemas que permitirían el acceso a agua sana; a aquella parte de la población más desprotegida.

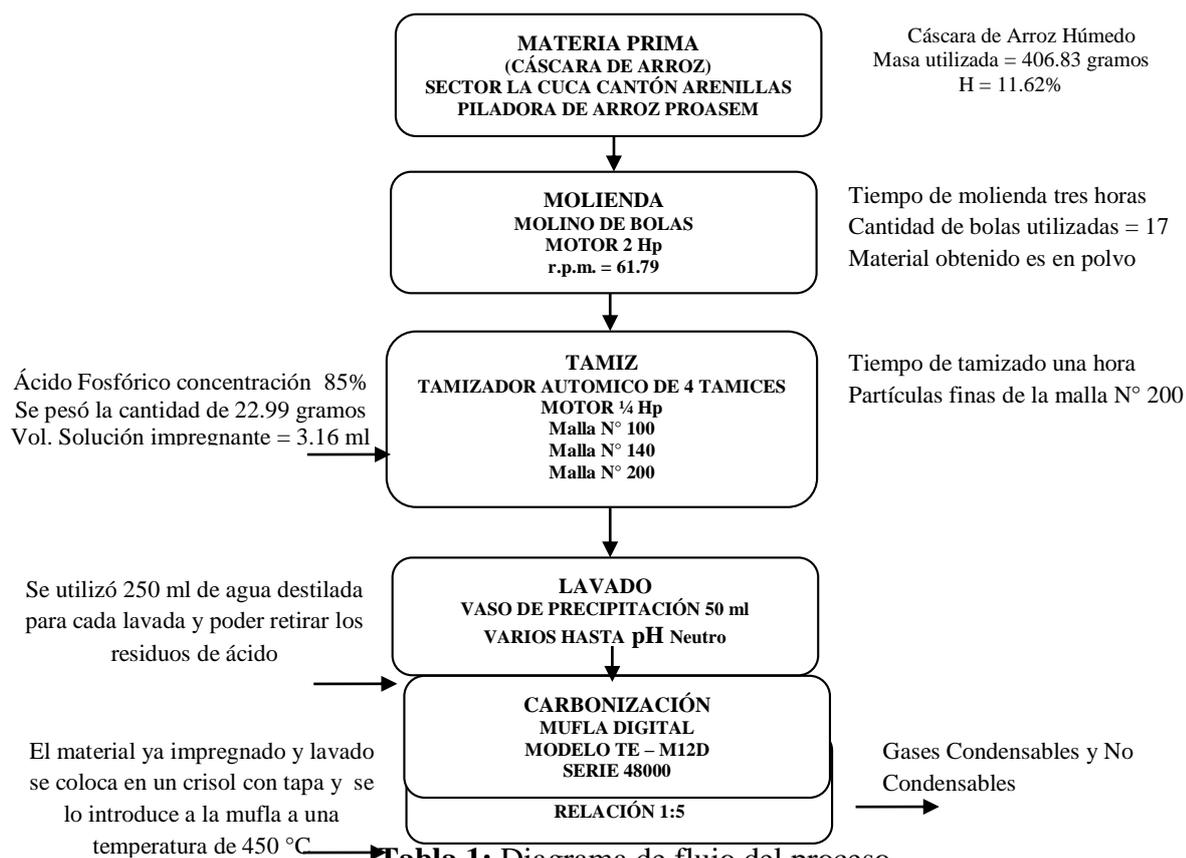
## 1. INTRODUCCIÓN

En nuestro país, En la provincia de El Oro existen seis mil hectáreas de arroz distribuidas en las ciudades de Arenillas con un 82, Santa Rosa y Machala con un diez y ocho por ciento respectivamente; en consecuencia la producción de cáscara de arroz es abundante y PROASEM será la empresa que abastecerá para este Trabajo de Investigación de cáscara de arroz, gramínea que es un elemento esencial en la alimentación de los ecuatorianos, siendo su consumo elevado, en consecuencia la producción de cáscara de arroz es abundante, recurso natural obtenido en la agricultura como desecho por medio de la generación y acumulación en el descascamiento del arroz por medio de piladoras industriales. Rodríguez (2012). Puede ser utilizada como: 1. Combustible, por su poder calorífico que se establece en aproximadamente 3.308 Kcal/Kg, pero la gran desventaja es el alto porcentaje de cenizas, 2. Para la obtención de furfural ( $C_4H_3OCHO$ ) y 3. Como filtros en varios procesos químicos. A pesar de estas posibles aplicaciones, en Ecuador se usa poco las cáscaras de arroz y como consecuencia este desecho constituye un problema enorme, ya que en muchos casos este residuo es quemado, produciendo humo desagradable, causando contaminación ambiental debido a los gases desprendidos durante su incineración. Layseca (2001).

Para evitar este tipo de contaminación se desea utilizar esta materia prima para la obtención de carbón activado, material poroso que se obtiene por carbonización y activación de materiales orgánicos, especialmente de origen vegetal, con el fin de obtener un alto grado de porosidad. Layseca (2001).

Las propiedades de los carbones activados dependen de la naturaleza de los materiales de partida, las condiciones utilizadas en el proceso de obtención, el tipo de activante elegido, y del tratamiento final del producto entre sus aplicaciones: a. Eliminación de impurezas que causan color, olor y sabor en el agua potable, b. Tratamiento de aguas residuales e industriales, c. Depuración de aguas subterráneas y de piscinas, d. Refinamiento de las aguas residuales tratadas, e. Potabilización de agua superficial y de pozo, f. Eliminación de cloro libre en agua potable, g. Refinación de aceites comestibles, h. Mejoramiento de sabor de bebidas alcohólicas, i. Purificación del agua para bebidas gaseosas (colas), j. Refinación de azúcar, k. Purificación de reactivos químicos, l. Adsorción de olores y m. impureza del aire. Rodríguez (2003).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS



**Tabla 1:** Diagrama de flujo del proceso

### Adquisición de la cáscara de arroz

La cáscara de arroz CCA se adquirió de la procesadora de arroz PROASEM de la Cuca Arenillas, este trabajo experimental se centró en: Recogida, limpieza, selección de la CCA para eliminar todas las impurezas como pequeñas piedras, ramas, pequeños trozos de plásticos del embalaje, etc.

### Preparación del adsorbente

La CCA primeramente se sometió a un proceso de trituración la cual se realizó en un molino casero en donde se facilitó la disminución; luego esta CCA pasó a una segunda molienda en la cual se la realizó en un molino de esferas de acero por un lapso de 1 hora, controlando que no se quemara la CCA la cual es el punto en donde esta es inutilizable; y si se requiere un poco más de finura entonces se da más tiempo a la molienda.

En el gráfico 1 se demuestra como la CCA ha sido molida con esferas de acero, para luego pasar al siguiente proceso que es el tamizado.



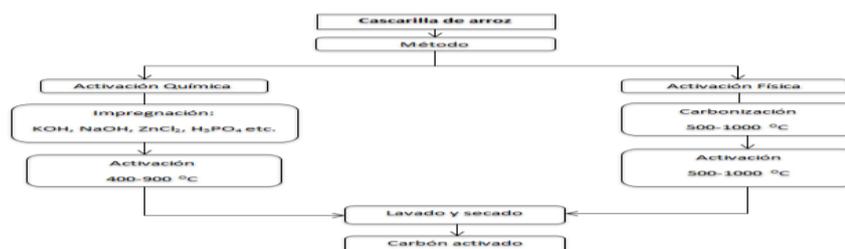
**Figura1:** Cáscara de arroz molida

Fuente: F. Pereira, A. Cedeño, M. Matamoros

Luego CCA molida pasara por un tamiz #200 en donde será separada para ganar uniformidad; en caso de no obtener la finura correspondiente se pasara una segunda vez por el tamiz utilizado. Una vez limpia, se clasificó las CCA por tamaños, mediante cribado. Sólo a partir de un tamaño definido de CCA es posible obtener una muestra homogénea de carbón activo CA. La determinación de la composición de la cáscara en minerales se realizará en la Universidad de Almería UAL, mediante fluorescencia de Rayos X FRX y difracción de rayos X DRX. Se determinó fundamentalmente el contenido en SiO<sub>2</sub> (sílice) y en carbono, que es fundamental para ajustar el método de obtención de carbón activo. Caracterización de la CCA. Las fracciones de tamaño adecuado de CCA fueron caracterizadas para determinar su composición de minerales. También se analizaron otros elementos como Ca e Fe, que pueden influir en el proceso de calcinación de la CCA. Además se determinó grado de humedad y de punto de ignición, los que se realizaron en la Universidad Técnica de Machala UTMACH.

### Activación química y lavado

El siguiente proceso que se le sometió a la CCA fue el de modificación o activación química el cual no es más que un método que se utiliza para dar porosidad a partículas para que tengan mayor capacidad de adsorción, esto ayudara a facilitar la remoción de metales o semimetales etc. En esta etapa se utilizó ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) al 85% para impregnar la CCA, esto se efectuó en vasos de precipitación en una relación de 1:5 dado que este es el cálculo adecuado para el proceso; finalmente se deja esto por un tiempo de 1 hora y se procede a lavar con agua desionizada varias veces, hasta llegar al punto de pH 7.



**Figura 2:** Comparación entre los procedimientos de obtención de carbón activado

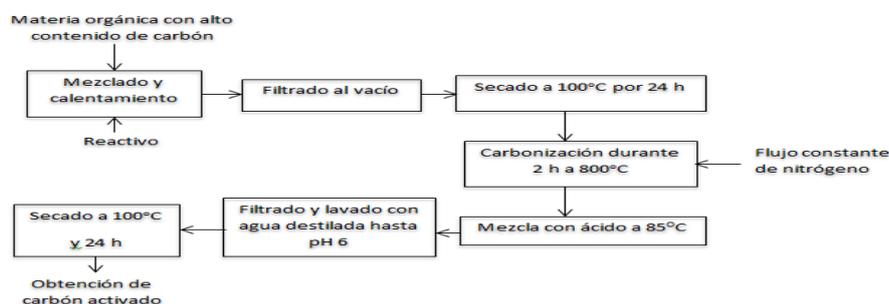
Fuente : (Quijano et al., 2013).

El tratamiento de la CCA con ácido fosfórico y caracterización de la CCA impregnada, distintas concentraciones de tiempo y temperatura.

### Obtención de carbón activado

Una vez que se realizó el proceso de caracterización de la CCA se procede a la eliminación de humedad existente y posteriormente la activación o carbonización, la cual es la parte principal de la obtención del carbón activado. La eliminación de humedad se la realizó llevando la muestra de CCA en crisoles a una estufa a 120 °C por un lapso de 1 hora, pasado ese tiempo se la retiró y se la colocó en una mufla a 450 °C por un período de 30 minutos para su respectiva activación.

Carbonización en las mejores condiciones de tiempo temperatura; caracterizadas de la misma forma que las CCA sin tratar. Se realizó análisis para las muestras obtenidas con tres concentraciones de ácido, tres temperaturas y tres tiempos de tratamiento. Cada muestra se calcinó en una mufla a tres temperaturas (250, 350, 450 °C) y tanto en atmósfera de aire como inerte de nitrógeno. Luego que se realizó la carbonización se lo retiró de la mufla y se lo dejó enfriar en un desecador de laboratorio para así poder colocarlo en fundas impermeables y darle su respectivo uso. El número de experimentos que se realizó; son por lo tanto muy elevados, teniendo en cuenta que ya el número de muestras preparadas en el punto anterior es considerable. Se evaluaron todas las muestras preparadas en el punto anterior para contrastar la calidad del CA obtenido con las características de la CCA original y de su tratamiento.



**Figura 3:** Obtención de carbón activado empleando la activación química

Fuente : (Quijano et al., 2013).

El uso de materiales de carbón se pierde en la historia, de forma que es prácticamente imposible determinar con exactitud cuando el hombre comenzó a utilizarlos. Rodríguez (2003).

Los primeros usos de estos primitivos carbones activados, generalmente preparados a partir de madera carbonizada (carbón vegetal), parecen haber tenido aplicaciones médicas. Así, en Tebas (Grecia) se halló un papiro que data del año 1550 a.C. en el que se describe el uso de carbón vegetal como adsorbente para determinadas prácticas médicas. George S. (1985).

Con posterioridad, en el año 400 a.C., Hipócrates recomienda filtrar el agua con carbón vegetal para eliminar malos olores y sabores y para prevenir enfermedades. El carbón activado es un material obtenido a partir de sustancias carbonosas como: la madera, aserrín, cascaras de coco, cascarillas de arroz, cascaras de nueces, melaza, bagazo, huesos, sangre, carne de piedra y grafitos entre otros. Bansal. R. y Goyal, M. (2005).

El CA puede empaquetarse en filtros que pueden adaptarse a botellas o grifos, de forma que sólo pasando el agua contaminada por ellos se purificaría. De esa forma, al ser económicos y fácil de utilizar, podrían ser adquiridos y utilizados por aquellas porciones de la población más desfavorecidas económicamente, con menor formación o con problemas motrices debidos a enfermedad o vejez. Por esa razón, el uso de este tipo de sistemas permitiría el acceso a agua sana a aquella parte de la población más desprotegida.

### 3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

El Análisis Aproximado de la CCA se realizó en el Laboratorios de la UACQS-UTMACH; y también se realizaron pruebas de la misma muestra en los laboratorios de la UAL ESPAÑA.

#### Características de la CCA

**Tabla 1:** Características de la CCA

Ceniza de Sílice (SiO <sub>2</sub> )	94.5 %
Óxido de calcio (CaO)	0.25 %
Óxido de magnesio (MgO)	0.23 %
Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O)	1.10 %
Óxido de sodio (Na <sub>2</sub> O)	0.78 %
Sulfatos (SO <sub>4</sub> )	0.56 %
Óxido de fosforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.7 %

#### Análisis Elemental (C, N, H y S) de la CCA

**Tabla 2:** Análisis Elemental (C, N, H y S) de la cascarilla de arroz.

Nombre	N [%]	C [%]	H [%]	S [%]
Polvo	0.45	36.54	5.267	0.087*
Polvo	0.46	36.24	5.197	0.093*

Cascarilla	0.40	37.53	5.299	0.056*
Cascarilla	0.41	37.87	5.283	0.079*

### Infrarrojo de la CCA

Determinación de las propiedades químicas y físicas del CA. El CA obtenido se lo caracterizo mediante DRX de polvo, FRX y se determinó su porosidad en la UAL, valor que nos dió la idea de las capacidad de absorción de nuestra CCA; así como determinó el tamaño del poro que nos indicó las posibles sustancias a retener.

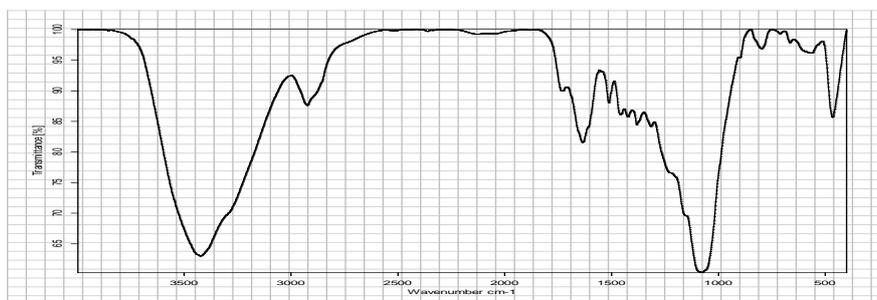


Figura 4: Infrarrojo de la CCA

### Contenido de humedad de la CCA

Tabla 3: Análisis del contenido de humedad de la CCA

PARAMETRO	LABORATORIO DE INVESTIGACION	LABORATORIO UAL
Humedad %	11.62	9.42

Para determinar el contenido de humedad, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% H = \frac{(WH - WS)}{WH} \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$\% H = \frac{(1 - 0.8838)}{1} \times 100 \quad \% H = 11.62$$

### Porcentaje de cenizas de la CCA

Se determinó el porcentaje de cenizas de la materia prima CCA.

Tabla 4: Análisis del porcentaje de cenizas de la cascarilla de arroz

PARAMETRO	LABORATORIO DE INVESTIGACION	LABORATORIO UAL
Cenizas %	16.94	19.36

Para determinar el porcentaje de cenizas, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% Cz = \frac{(A - B)}{C} \times 100 \quad (\text{Ecuacion 2})$$

$$\% Cz = \frac{(0.1694)}{1} \times 10 \quad \% Cz = 16.94$$

### Porcentaje de materias volátiles de la CCA

Se determinó el porcentaje de Materias Volátiles de la materia prima CCA. Se pesa un gramo de muestra y se coloca en un crisol, luego el crisol se coloca en una mufla a 950 °C durante siete minutos. Pasado este tiempo, el crisol se deja enfriar en un desecador durante una hora y media, luego se procede a pesar. Para determinar *el porcentaje de Materias Volátiles*, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% Mv = \left( \frac{W_i - W_f}{W_i} \right) \times 100 - \% H \quad (\text{Ecuación 3}) \quad \% H = 11.62$$

$$\% Mv = \left( \frac{1 - 0.7609}{1} \right) \times 100 - 11.62 \quad \% Mv = 12.29$$

### Porcentaje de carbón fijo

**Tabla 5:** Análisis del porcentaje de Carbón Fijo CCA

PARAMETRO	LABORATORIO DE INVESTIGACION	LABORATORIO UAL
Carbón Fijo%	59.15	56.72

Este ensayo no se realiza, se determina por diferencia, utilizamos la siguiente ecuación:

$$\% C_f = 100 - \% \text{ Humedad} - \% \text{ Cenizas} - \% \text{ Materia Volátil} \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$\text{Carbón fijo} = 100 - 11.62 - 16.94 - 12.29 = 59.15 \%$$

Determinación de las características de absorción de aguas contaminadas. Una vez preparado el carbón, y conocidas sus propiedades absorbentes y composición y estructura porosa.

## 4. CONCLUSIONES

Se logró obtener CA a partir de la CCA por activación química y establecer un proceso base para la producción de este adsorbente. Es un proceso técnicamente factible gracias a las condiciones de la materia prima como a las de operación.

Se utilizó como agente activante ácido fosfórico al 85% para la activación química. Las características del CA fueron: 11.62 % de humedad, 16.94% de cenizas, 12.29 % de materia volátil, pH 7 y adsorción con prueba de azul de metileno de 86.76%.

El CA de la relación 1:5 presento un buen desempeño en la absorción de azul de metileno, por lo cual es apto para la remoción de colorantes en tratamientos de efluentes líquidos. Se utilizó el tamiz 75µm (Nº 200), porque cuando se tiene partículas pequeñas se reduce la formación de carbonizado, esto se debe a la homogeneidad con la que se calienta la muestra y la facilidad

que tiene la materia volátil para abandonar la partícula, ya que el recorrido que esta debe hacer desde el interior de la partícula hasta la superficie de la misma es menor.

Se sugiere un análisis más detallado a los líquidos provenientes de la pirolisis, esperando encontrar sustancias con alguna aplicación industrial, y así derivar otro producto de interés del proceso de carbonización de la CCA. Es importante tener un conocimiento previo de las sustancias que se van a absorber por medio de un CA, para de este modo poder llevar a cabo una correcta selección de las características necesarias del mismo y así obtener una retención importante de las sustancias. Se recomienda efectuar un estudio de promoción del CA debido al incremento en la demanda de este producto realizado por las empresas nacionales dedicadas a la obtención de alimentos, bebidas y tratamiento de aguas.

Publicación o patente de aquellos resultados más relevantes. Todo el grupo participará a través de las reuniones semanales indicadas en puntos anteriores y mediante los viajes que se realizarán de intercambio de miembros del grupo, en la redacción de artículos y comunicaciones a congresos.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Atlas del Cantón Arenillas, Plan de Desarrollo Cantonal, 2002.
2. Anhuamán, C. & Haro, M. (2001). Estudio de la adsorción de cromo adsorbido en carbón activado.
3. Bansal, R.C. & Goyal, M. Activated carbon adsorption. Boca Raton, London New York, Singapore: Taylor & Francis Group, LLC, 2005.
4. Bansal. R. C & Goyal, M. (2005). Activated Carbón Adsorption. U.S.A.
5. El carbón vegetal propiedades y Obtención. Autor: F. Marcos Martín. Editorial: Agroguíasmundi-prensa (1985).
6. George S. (1985). Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity. Pure Appl. Chem:
7. H. Marsh, in "Introduction to Carbon Science", (H. Marsh, Ed.), 1, Butterworth, London (1989).
8. International Committee for Characterization and Terminology of Carbon (1982).
9. Layseca, M. (2001). Obtención de carbón activado a partir de aserrín de tornillo (cedrelingacateniformisducke) mediante el método químico  $ZnCl_2$ .

10. M. Smisek & S. Cerny, “Active Carbon Manufacture, Properties and Applications” (1970).
11. Menéndez, J.A & Martín - Guillón, I. (1874) Types of carbon adsorbents and their production.
12. Martín, J. (2000) Adsorción física de gases y vapores por carbones.
13. Metcalf & Eddy. Mac Graw Hill. y Tratamiento de aguas residuales (1988).
14. R.P. Bansal., J.B. Donnet., F. Stoeckli, “Active Carbon” (1988).
15. Rodríguez, F. & Molina, S. (2004). El carbón activado como adsorbente en descontaminación Ambiental.
16. Rodríguez, F. 2003. Procesos de Potabilización del agua e influencia del tratamiento de ozonización. Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid
17. Milena Rodríguez, Y.; Paola Salinas, L.; Alberto Ríos, C.; Yolanda Vargas, L. Adsorbentes A Base De Cascarilla De Arroz En La Retención De Cromo De Efluentes De La Industria De Curtiembres. *biotecnología en el Sect. Agropecu. y Agroindustrial* 2012, *I* (1), 146 . 156.