



*Capacidad de adsorción de Diuron en medio acuoso utilizando carbón activado  
obtenido de la cáscara de coco*

*Adsorption capacity of Diuron in aqueous medium using activated carbon  
obtained from coconut shell*

*Capacidade de adsorção do Diuron em meio aquoso utilizando carvão ativado  
obtido da casca de coco*

Jessica Fernanda Sánchez-Centeno <sup>I</sup>  
[savchez19@gmail.com](mailto:savchez19@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-2723-9850>

Linda Mariuxi Flores-Fiallos <sup>II</sup>  
[linda.flores@epoch.edu.ec](mailto:linda.flores@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-4516-6963>

Marina Leonor-Bonilla <sup>III</sup>  
[marina.bonilla@epoch.edu.ec](mailto:marina.bonilla@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-2119-4126>

Iván Fernando Huacho-Chávez <sup>IV</sup>  
[ivan.huacho@epoch.edu.ec](mailto:ivan.huacho@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-3144-3379>

**Correspondencia:** [savchez19@gmail.com](mailto:savchez19@gmail.com)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 23 de abril de 2022 \***Aceptado:** 12 de mayo de 2022 \* **Publicado:** 10 de junio de 2022

- I. Investigador externo, Ecuador.
- II. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Ecuador.
- III. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Ecuador.
- IV. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Ecuador.

## Resumen

El propósito de este estudio fue remover diuron en medio acuoso mediante el uso de carbón activado. Se obtuvo el adsorbente por activación química con ácido fosfórico. El área superficial fue determinada mediante un análisis de índice de yodo, con la ayuda de un espectrofotómetro infrarrojo se identificaron los grupos superficiales, los ensayos de adsorción se realizaron con tres niveles de temperatura, pH y dosis de adsorbente; la concentración residual del diuron fue determinada mediante el uso de un espectrofotómetro UV-VIS a una longitud de onda de 245 nm, el índice de yodo fue de 637,85 mg I<sub>2</sub>/g el cual cumple con lo establecido por la norma INEN lo que indica que tiene una buena área superficial, presenta un carácter ácido debido a la presencia de grupos carboxílicos, anhídridos ácidos, lactonas. Mediante los ensayos de adsorción se determinó que la mayor cantidad de adsorción se obtiene a 35°C a pH 5 con 0,166 g de carbón activado durante 120 minutos removiendo más del 98% del herbicida. La adsorción de diuron en medio acuoso sobre carbón activado es eficiente teniendo una capacidad de remoción mayor a 5 mg/g. se recomienda usar el carbón activado de la cáscara de coco en el estudio de la adsorción de otros herbicidas de fenilurea.

**Palabras Clave:** Carbón Activado; Diuron; Adsorción.

## Abstract

The objective of this study was to remove diuron in an aqueous medium using activated charcoal. The adsorbent was obtained by chemical activation with phosphoric acid. The surface area was determined using an iodine value, surface groups were identified with the help of an infrared spectrophotometer, the adsorption tests were carried out with three levels of temperature, pH and dose of adsorbent; the residual diuron concentration was determined using a UV -VIS spectrophotometer at a wavelength of 245 nm. The iodine index was 637.85 mg I<sub>2</sub> /g which complies with the provisions of the INEN standard, which indicates that it has a good surface area, has an acid character due to the presence of carboxylic groups, acid anhydrides, lactones. Through adsorption tests it was determined that the highest amount of adsorption is obtained at 35 °C at pH 5 with 0.166 g of activated carbon for 120 minutes, removing more than 98% of the herbicide. The adsorption of diuron in an aqueous medium on activated carbon is efficient, having a removal capacity greater than 5 mg / g. It is recommended to use activated charcoal from coconut shells in the study of the adsorption of other phenyl urea herbicides.

**Keywords:** Activate Carbon; Diuron; Adsorption.

## Resumo

O objetivo deste estudo foi remover o diuron em meio aquoso utilizando carvão ativado. O adsorvente foi obtido por ativação química com ácido fosfórico. A área superficial foi determinada por uma análise do índice de iodo, com auxílio de um espectrofotômetro infravermelho os grupos de superfície foram identificados, os testes de adsorção foram realizados com três níveis de temperatura, pH e dose de adsorvente; a concentração residual de diuron foi determinada usando um espectrofotômetro UV-VIS no comprimento de onda de 245 nm, o índice de iodo foi de 637,85 mg I<sub>2</sub>/g o que está de acordo com as disposições da norma INEN, o que indica que tem uma boa área de superfície, tem um caráter ácido devido à presença de grupos carboxílicos, anidridos ácidos, lactonas. Através dos testes de adsorção, determinou-se que a maior quantidade de adsorção é obtida a 35°C em pH 5 com 0,166 g de carvão ativado por 120 minutos, removendo mais de 98% do herbicida. A adsorção do diuron em meio aquoso sobre carvão ativado é eficiente, possuindo capacidade de remoção superior a 5 mg/g. recomenda-se o uso do carvão ativado da casca do coco no estudo da adsorção de outros herbicidas fenilureicos.

**Palavras-chave:** Carvão ativado; Diuron; Adsorção.

## Introducción

El uso de plaguicidas en la actividad agrícola para el control de plagas y vectores de enfermedades ha significado el incremento en la producción de los cultivos (Sánchez & Ortíz, 2011, p.21), sin embargo, el uso desmedido y el manejo inadecuado ha provocado la acumulación de estos agroquímicos causando daños tanto para la salud humana como para el medio ambiente (Köck, 2014, p.17), debido a que por medio de las escorrentías son arrastrados y depositados en los cuerpos hídricos contaminando aguas subterráneas y superficiales (Secretaría Nacional del Agua et al., 2016, p.41).

Según datos del (INEC, 2014, p.15) en el Ecuador el 38,14% de productores hace uso de herbicidas como plaguicida principal seguido de un 33,63% de fungicidas, 21,69% de insecticidas y un 6,55% de otros productos. Asimismo, el (INEC, 2016, p. 17) reportó los herbicidas más usados son de

ligera toxicidad tanto en cultivos permanentes y transitorios con un 39,91 % y 36,41% respectivamente.

El diuron es un herbicida de urea sustituida (Al Bahri et al., 2012, p.349) usado para controlar una amplia gama de maleza de hoja ancha, musgos, no solo es usado con fines agrícolas sino también en áreas no cultivadas como carreteras, senderos, líneas ferroviarias (Giacomazzi & Cochet 2004, p.1022). En el Ecuador se usa el diuron principalmente en cultivos de banano, caña de azúcar, maíz y piña (Naranjo, 2017, pp. 131-139).

La preocupación de la recuperar las aguas contaminadas con este herbicida debido a que está clasificado un plaguicida altamente peligroso debido a su toxicidad para el medio ambiente ha hecho que se desarrollen metodologías para la recuperación de estos ecosistemas, una de las alternativas más viables y económicas es el uso de carbón activado como adsorbente (Al Bahri et al., 2012, p. 349).

El carbón activado es un material carbonoso que ha sido sometido a un tratamiento físico o químico con el fin de incrementar la porosidad, superficie interna y el contenido superficial de grupos químicos como el oxígeno y el nitrógeno que le confieren gran capacidad de adsorción de algunas moléculas consideradas contaminantes (Solís et al., 2012, p. 37).

## **Materiales y métodos**

### **Materiales:**

Para este proceso se emplearon los siguientes materiales: se usaron muestras de 20 gramos de cáscara de coco que se impregnaron con ácido fosfórico al 85% en peso 7,7.M en una relación activante / precursor de 1,725; se mantuvo durante 2 horas a 85°C, después de este tiempo, las muestras se secaron toda la noche a 110°C.

Una vez finalizada la impregnación, las muestras fueron carbonizadas en un reactor de pirólisis a una temperatura de 416°C durante 19,5 minutos en atmosfera inerte. Posteriormente, el carbón activado obtenido fue sometido a varios lavados con agua destilada caliente (80 -90 °C) para eliminar el ácido, aproximadamente se realizaron 8 lavados, luego se lavó con una solución de NaOH 0,1 M y un último lavado con agua destilada. Finalmente se secaron los carbones activados a una temperatura de 110°C durante toda la noche. Las condiciones fueron elegidas en base al estudio realizado por Gratuito et al. (2008) donde determinó las condiciones ideales para obtener el carbón activado a partir de la cáscara de coco.

## **Métodos de análisis:**

### **Contenido de Humedad**

En un crisol previamente tarado se pesó 1 gramo de carbón activado, se llevó a una mufla precalentada a 145 -150°C durante 3 horas, la muestra fue llevada a un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente, se pesó y registro el valor. El procedimiento se repitió hasta obtener un peso constante.

### **Contenido de Ceniza**

Para determinar el contenido de cenizas se utiliza las muestras libres de humedad y materia volátil, se introdujo las muestras en una mufla a 650 °C durante 3 horas. Se sacó y llevó a un desecador hasta que alcanzó la temperatura ambiente, posteriormente, se procedió a pesar y registrar el valor, se repitió el procedimiento hasta obtener un valor constante.

### **Índice de Yodo**

El índice de yodo es uno de los métodos empleados para determinar la capacidad de adsorción que posee un carbón activado (Asimbaya et al., 2015), el índice o número de yodo es el resultado de los miligramos de yodo adsorbidos por un gramo de carbón, la norma INEN (1991:1994, 1995) establece que el carbón activado de uso industrial debe tener como mínimo un índice de yodo de 600mgI<sub>2</sub>/g carbón.

### **pH**

Se pesó 1 gramo de carbón activado en un vaso de 250 ml y se adicionó 20 ml de agua destilada y se dejó en agitación constante durante 24 horas a temperatura ambiente, pasado este tiempo se procedió a medir el pH con la ayuda de un pH-metro Thermo Scientific.

### **Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier**

Los grupos funcionales presentes en la superficie tanto de la materia prima como del carbón activado obtenido fueron identificaron mediante un espectrofotómetro infrarrojo FT/IR-4100 Jasco, en un rango de numero de ondas comprendidas entre 550 hasta 4000 cm<sup>-1</sup>

## Resultados y discusión

La obtención del carbón activado en condiciones óptimas de relación de impregnación, temperatura y tiempo de calcinación de 1,725, 416° C y 19,5 minutos respectivamente, dio un rendimiento del 52,55% el cual es similar al obtenido en el estudio de Gratuito et al. (2008) quienes obtuvieron un rendimiento de 51,59 % con desarrollo de mesoporos, este rendimiento es ideal en la obtención de carbón activado mediante activación química ya que este método suele tener rendimientos menores a la activación física.

Los resultados del análisis próximo del carbón activado obtenido del endocarpio de coco se presentan en la tabla 1, donde se muestra el contenido de humedad, materia volátil, cenizas y carbón fijo del adsorbente.

**Tabla 1:** Resultados del análisis próximo del carbón activado

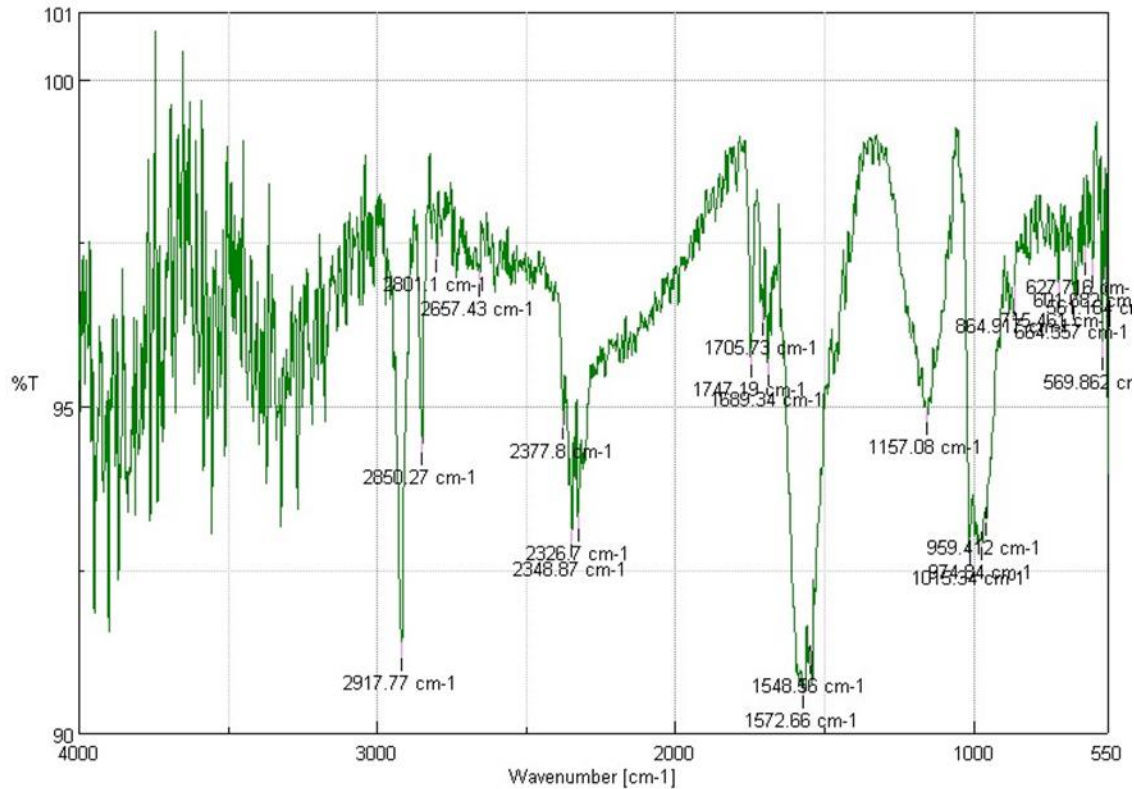
Análisis próximo	Porcentaje (%)
Contenido de humedad	9,66
Contenido de materia volátil	10,58
Contenido de cenizas	5,32
Contenido de carbón fijo	84,10

**Realizado por:** Los Autores., 2021

Los valores obtenidos en el análisis del contenido de humedad y cenizas son bajos, además se encuentran dentro del rango establecido por la Norma INEN (1991:1994, 1995) para el carbón activado de uso industrial que especifica que para el carbón activado en polvo el límite máximo para los dos parámetros es 12 %, el contenido de carbón fijo es alto lo que es ideal ya que indica que hay poca cantidad de impurezas presentes en el material adsorbente y por lo tanto la cantidad de carbón efectivo es mayor. El índice de yodo obtuvo un valor de 637,85 mg I<sub>2</sub>/g carbón.

A continuación, se presenta el espectro IR del carbón activado obtenido por activación de ácido fosfórico.



**Figura 1:** Espectro Infrarrojo del carbón activado obtenido del endocarpio de coco

Realizado por: Los Autores., 2021

La banda que se presenta a 3374,82 cm<sup>-1</sup> indica la presencia del enlace (O-H), las bandas presentes a 2924,52 y 2854,13 cm<sup>-1</sup> corresponden a los estiramientos vibracionales simétricos y asimétricos de los grupos (C-H) de las cadenas alifáticas, la banda presente en 1040,41 cm<sup>-1</sup> corresponde al estiramiento asimétrico de los enlaces simples de (C-O), la banda presente a 1746,23 cm<sup>-1</sup> corresponde a los estiramientos vibracionales (C=O) de los grupos carbonilo y carboxílico.

Para determinar las mejores condiciones de temperatura (A), pH (B) y dosis del adsorbente (C) en las cuales se obtiene la mayor cantidad de adsorción del herbicida se llevó a cabo los 27 tratamientos con 3 repeticiones cada una en los cuales se encuentran todas las combinaciones posibles de cada uno de los niveles de los factores en estudio. A continuación, se presenta los resultados de la concentración residual promedio de diuron en medio acuoso, como se observa en la tabla 2.

**Tabla 2:** Resultados de los tratamientos realizados en la adsorción de Diuron

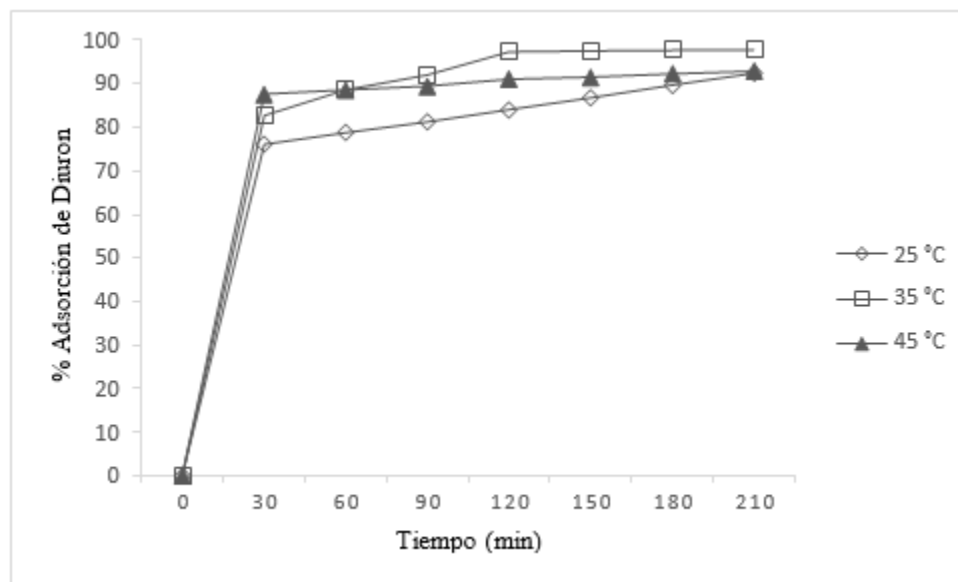
# Trat.	A (°C)	B	C (g)	Concentración residual (mg/L) promedio de Diuron a diferentes tiempos						
				30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	180 min	210 min
1	25	5	0,17	1,416	1,359	1,155	0,984	0,870	0,574	0,115
2	25	5	0,33	1,249	1,173	1,100	0,963	0,845	0,556	0,083
3	25	5	0,50	1,384	1,292	1,232	1,095	0,899	0,588	0,084
4	25	7	0,17	1,581	1,460	1,276	1,146	1,082	0,768	0,539
5	25	7	0,33	2,245	2,109	1,995	1,750	1,506	0,878	0,678
6	25	7	0,50	2,758	2,325	1,882	1,680	1,359	1,172	1,013
7	25	9	0,17	2,664	2,124	1,560	1,352	1,327	1,280	1,235
8	25	9	0,33	3,390	3,096	2,741	2,123	1,527	1,339	1,299
9	25	9	0,50	3,915	3,381	3,251	2,718	2,002	1,794	1,519
10	35	5	0,17	0,992	0,857	0,574	0,141	0,107	0,100	0,094
11	35	5	0,33	0,928	0,636	0,555	0,040	0,027	0,024	0,022
12	35	5	0,50	0,899	0,541	0,480	0,086	0,039	0,031	0,028
13	35	7	0,17	1,676	0,739	0,652	0,099	0,088	0,084	0,082
14	35	7	0,33	1,656	1,085	0,929	0,178	0,146	0,143	0,138
15	35	7	0,50	2,127	1,323	1,002	0,188	0,164	0,157	0,142
16	35	9	0,17	2,029	1,037	0,956	0,442	0,410	0,384	0,370
17	35	9	0,33	1,971	1,323	0,980	0,501	0,492	0,485	0,467
18	35	9	0,50	2,205	1,905	1,123	0,579	0,561	0,525	0,515
19	45	5	0,17	0,675	0,658	0,421	0,279	0,258	0,244	0,230
20	45	5	0,33	0,397	0,372	0,334	0,311	0,261	0,247	0,224
21	45	5	0,50	0,553	0,524	0,472	0,358	0,336	0,303	0,295
22	45	7	0,17	0,809	0,677	0,659	0,561	0,543	0,536	0,524
23	45	7	0,33	1,443	1,415	1,404	1,181	1,124	1,001	0,980
24	45	7	0,50	1,386	1,375	1,339	1,228	1,094	1,020	0,943
25	45	9	0,17	1,155	0,936	0,816	0,706	0,690	0,572	0,570
26	45	9	0,33	1,816	1,629	1,556	1,141	1,126	1,045	0,930
27	45	9	0,50	2,003	1,846	1,711	1,603	1,549	1,394	1,138

Realizado por: Los autores.,2020

En el gráfico 2 se observa que en los primeros 30 minutos la adsorción se da con mayor eficiencia a 45 °C lo que indica que a mayor temperatura incrementa su capacidad de adsorción sin embargo después de este tiempo la adsorción a esta temperatura no incrementa de manera significativa en cambio a una temperatura de 35 °C se puede observar que a los primeros 30 minutos tiene una adsorción similar a 45°C con una diferencia no mayor al 5 % y a medida que pasa el tiempo el porcentaje de adsorción incrementa hasta alcanzar el equilibrio a los 120 minutos removiendo más del 97% del herbicida, a 25°C se reportan los valores más bajos de adsorción.



**Gráfico 2:** Adsorción de Diuron en función del tiempo a diferentes temperaturas

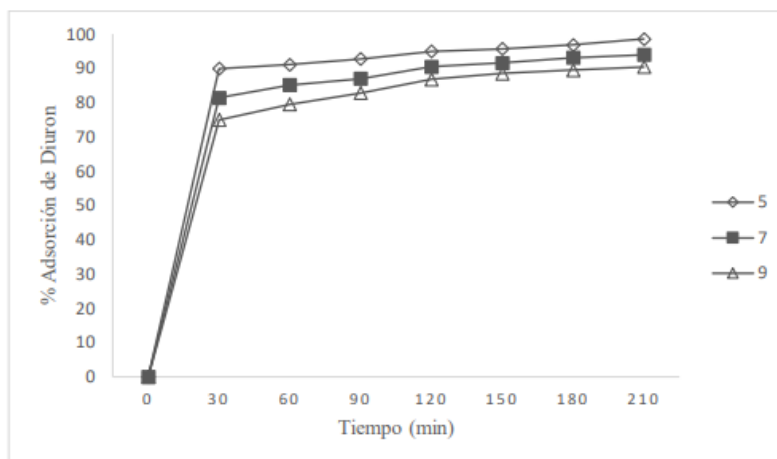


Realizado por: Los autores.,2021

En el gráfico 1-3 se observa que en los primeros 30 minutos la adsorción se da con mayor eficiencia a 45 °C lo que indica que a mayor temperatura incrementa su capacidad de adsorción sin embargo después de este tiempo la adsorción a esta temperatura no incrementa de manera significativa en cambio a una temperatura de 35 °C se puede observar que a los primeros 30 minutos tiene una adsorción similar a 45°C con una diferencia no mayor al 5 % y a medida que pasa el tiempo el porcentaje de adsorción incrementa hasta alcanzar el equilibrio a los 120 minutos removiendo más del 97% del herbicida, a 25°C se reportan los valores más bajos de adsorción.

Para identificar el pH al cual se da la mayor adsorción de Diuron se realizó la experimentación con tres niveles de pH (5,7 y 9 unidades), los valores obtenidos en la adsorción se reportan a continuación.

**Gráfico 3:** Adsorción de Diuron en función del tiempo a diferentes valores de pH



Realizado por: Los autores.,2021

En la gráfica 3 se muestra el comportamiento de la adsorción del herbicida en cada uno de los niveles de pH estudiados, se observa que a pH más ácido la adsorción se da con mayor eficiencia, es decir que a medida que se incrementa el pH la capacidad de adsorción disminuye, en este estudio se obtuvo la adsorción máxima del 98% a pH 5 esto puede ser debido al pH ácido que presenta el carbón activado ya que la adsorción es más eficiente cuando se trabaja en un pH igual o similar al que posee el adsorbente y la solución en la que actúa.

Después de haber analizado el comportamiento de la temperatura, pH y la dosis de carbón activado en la adsorción de Diuron se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para identificar el efecto que tienen en el proceso de adsorción y la interacción entre las variables.

**Tabla 3:** Análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de adsorción de Diuron

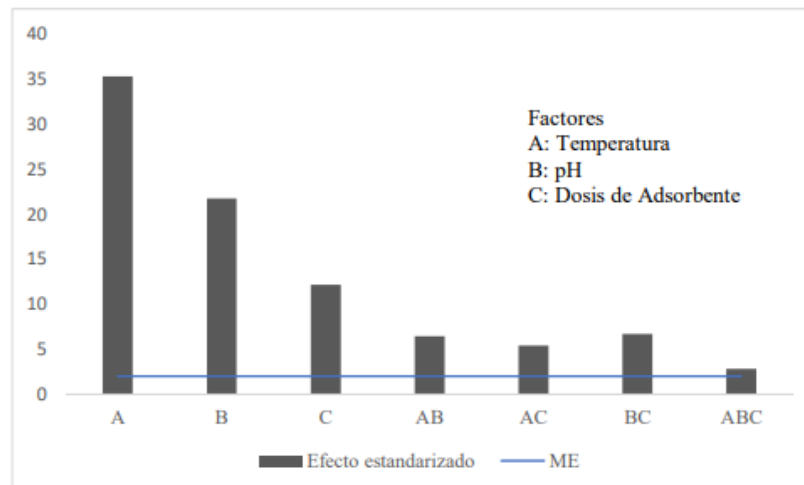
Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Valor F	Valor -P
A: Temperatura	2393,004	2	1196,522	1242,295	0,00
B: pH	909,425	2	454,712	472,108	0,00
C: Dosis	285,122	2	142,561	148,015	0,00
AB	159,349	4	39,837	41,361	0,00
AC	112,618	4	28,155	29,232	0,00
BC	171,285	4	43,071	44,719	0,00
ABC	62,369	8	7,796	8,094	0,00
Error	52,010	54	0,963		
Total (corr.)	4146,233	80			

$R^2 = 0,987$   $R^2_{ajustado} = 0,981$

Realizado por: Los autores.,2021

Se analizó las variables individuales y sus interacciones mediante el análisis ANOVA como se muestra en la tabla 3 se obtuvo valores de  $p < 0,05$  en todos los casos, lo que indica que tanto las variables individuales como cada una de sus interacciones influyen en la adsorción de diuron usando carbón activado, la temperatura es el factor más influyente en el proceso de adsorción seguido del pH y la dosis, la interacción más influyente pH-dosis del carbón activado seguido de la interacción temperatura-pH y con menor efecto se encuentra la interacción temperatura-dosis, finalmente, se observa que la interacción entre las tres variables es baja en comparación a las anteriores, esto se puede observar de mejor manera en el diagrama de Pareto que se presenta a continuación.

**Gráfico 4:** Diagrama de Pareto para las interacciones entre cada variable



**Realizado por:** Los autores.,2021

En el gráfico 4 se muestra el efecto de las variables y sus interacciones sobre la adsorción de Diuron con el carbón activado por medio del diagrama de Pareto de efectos estandarizados, la línea horizontal corresponde al margen de error es decir al valor de distribución t el cual es sobrepasado por todas las variables y cada una de las interacciones lo que indica que todos son significativas, así la variable que más influye en la adsorción es la temperatura, seguida por el pH y la dosis, en el gráfico se puede observar que las variables tienen mayor efecto en la adsorción cuando actúan de manera individual, las interacciones sí influyen en el proceso de remoción de Diuron sin embargo su efecto es bajo en comparación al ser analizadas individualmente, se puede decir que la

temperatura es la variable que tiene más influencia en el proceso de adsorción de Diuron en medio acuoso.

De acuerdo con el comportamiento de las curvas se determina que las condiciones ideales para la adsorción de Diuron usando carbón activado obtenido del endocarpio de coco se obtiene al utilizar una temperatura de 35 °C en una solución de pH 5 con una dosis de adsorbente de 0,166 g obteniendo una remoción mayor al 98 % en un tiempo de 120 minutos.

**Tabla 4:** Resumen del porcentaje de adsorción para Diuron en diferentes tipos de carbón activado

Adsorbente	% Adsorción	Tiempo de equilibrio (min)	Concentración inicial de Diuron (mg/L)	Condiciones de adsorción	Referencia
Cáscara de coco	98,48	120	9	100 ml de solución a 35°C a pH 7 con 0,166 g de carbón activado (d=0,053)	Este estudio
Semillas de uva	96,33	480	15	1000 ml de solución a 35°C con pH 7 y 1 g de carbón activado (d=0,5-1)	(Al Bahri et al., 2012)
Comercial granular	97,75	30	40	500 ml de solución a 25 °C a pH 7 con 0,05 g de carbón activado (d=0,03)	(Fontecha-Cámara et al. 2008)

Realizado por: Los autores.,2021

Se puede observar que los diferentes tipos de carbón activado son eficientes en la adsorción de Diuron removiendo casi la totalidad del herbicida presente en solución acuosa, la capacidad del adsorbente aumenta con la cantidad de solución en la que actúa, también se ha visto que a mayor concentración inicial el tiempo de equilibrio es menor, el diámetro del carbón activado también influye en la capacidad de adsorción a menor diámetro de la partícula se tiene mayor área superficial por lo tanto la adsorción es más eficiente.

## Discusión

Se obtuvo carbón activado usando como precursor la cáscara de coco en condiciones óptimas reportadas en un estudio, se obtuvo un rendimiento del 53% usando la técnica de activación química. La caracterización del carbón activado dio buenos resultados ya que el contenido de humedad y cenizas fueron bajos, cumpliendo así con los requisitos para carbones activados de uso industrial. También se determinó que la capacidad de adsorción es muy buena mediante el análisis del índice de yodo el cual dio un valor mayor a 600 mg I<sub>2</sub>/g de carbón, mediante un análisis FT/IR se pudo identificar que la superficie del adsorbente contenía grupos ácidos lo cual se corroboró con el pH de la solución de carbón activado. Mediante la experimentación se pudo determinar las mejores condiciones en las cuales se obtiene la mayor eficiencia de adsorción de Diuron en medio acuoso, la temperatura ideal es de 35 °C con una solución a pH 5 y usando una dosis de 0,166 de carbón activado, condiciones que en un tiempo de 120 minutos removi6 más del 98 % del herbicida. La capacidad máxima de adsorción es de 5,32 mg de Diuron/ g de carbón activado lo que indica que el carbón activado obtenido de la cáscara de coco mediante activación química es eficiente en la adsorción del herbicida ya que remueve casi en su totalidad. Mediante el análisis comparativo de los resultados de adsorción con otros estudios se puede indicar que la capacidad de adsorción aumenta con el volumen y la concentración inicial de la solución.

## Referencias

1. ACHURY, Carlos. Obtención de Carbón Activado a partir de cascara de coco: Obtención por medio de activación física y química [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad de los Andes, Bogotá. 2008. pp. 1-27. [Consulta: 23 julio 2019]. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/23588/u303042.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. ALJEBOREE, A.M., ALSHIRIFI, A.N. & ALKAIM, A.F. "Kinetics and equilibrium study for the adsorption of textile dyes on coconut shell activated carbon". *Arabian Journal of Chemistry* [en línea], 2014, (Arabia) 10, pp. S3381-S3393. [Consulta: 20 septiembre 2019]. ISSN 18785352. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.01.020>.
3. ALVAREZ VILLANUEVA, Daniel Mateo. Producción de carbón activado a partir de casaca de palma de aceite para la remoción de paraquat en solución acuosa [en línea]

- (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Nacional de Colombia, Colombia. 2019. pp. 20-23. [Consulta: 23 julio 2020]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/75586>
4. ARROYO, L. & RUIZ, D. Determinación de la cinética de adsorción de cloruros de vertimientos del sector agrícola cultivos energéticos, sobre carbón activado comercial [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad de America, Bogotá, 2018. pp. 24-140. [Consulta: 28 octubre 2019]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6840/1/6132135-2018-2-IQ.pdf>
  5. BETANCUR, A. Fabricación de monolitos de carbón activado para captura de gases contaminantes [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Nacional de Colombia, 2012, pp. 1-67 [Consulta: 12 marzo 2020]. Disponible en: [http://www.bdigital.unal.edu.co/9030/1/Fabricaci?n\\_de\\_monolitos\\_de\\_carb?n\\_activado\\_para\\_captura\\_de\\_gases\\_contaminantes.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/9030/1/Fabricaci?n_de_monolitos_de_carb?n_activado_para_captura_de_gases_contaminantes.pdf).
  6. BUNZEL, K., KATTWINKEL, M. & LIESS, M. "Effects of organic pollutants from wastewater treatment plants on aquatic invertebrate communities". Water Research [en línea], 2013, (Alemania) 47(2), pp. 597-606. [Consulta: 7 junio 2020]. ISSN 18792448. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2012.10.031>.
  7. CARRASCO, B. & LONDA, E. Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco "Cocos Nucífera L" [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad de Cuenca. Ecuador. 2018. pp. 2-141. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/31705?mode=full>
  8. FAO. Herbicidas. [en línea]. [Consulta: 19 enero 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/t1147s/t1147s0e.htm>
  9. FONTECHA-CÁMARA, M.A., LÓPEZ-RAMÓN, M. V., PASTRANA-MARTÍNEZ, L.M. & MORENO-CASTILLA, C. "Kinetics of diuron and amitrole adsorption from aqueous solution on activated carbons". Journal of Hazardous Materials [en línea], 2008, (España) 156(1), pp. 472-477. [Consulta: 17 abril 2020]. ISSN 03043894. Disponible en: <http://ve.scielo.org/pdf/ic/v52n4/art02.pdf>



10. GARCÍA, F. Planta De Producción De Carbón Activo [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela de Ingeniería y Arquitectura. España. 2013. pp. 1-272. [Consulta: 17 julio 2020]. Disponible en: <http://zagan.unizar.es/record/12157/files/TAZ-PFC-2013-575.pdf>.
11. GONZÁLEZ, J. Estudios de biodegradación y mineralización a elevadas concentraciones del herbicida diuron empleando cepas bacterianas degradadoras específicas en condiciones de estrés [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Instituto de Recursos Naturales y Agrobiológica de Sevilla. España. 2015. pp. 3-37. [Consulta: 13 marzo 2020]. Disponible en:  
[http://digital.csic.es/bitstream/10261/130814/1/Estudios\\_biodegradacion\\_mineralizacion\\_tesisM\\_RB2015.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/130814/1/Estudios_biodegradacion_mineralizacion_tesisM_RB2015.pdf)
12. MENDOZA, L.V., MOLINA, N.F. & FRAGOZO, H.G. "Adsorption of lead ( II) with stems and leaves of eichhornia crassipes in aqueous solution". Udca [en línea], 2017, (Venezuela) 20(1) pp. 435-444. [Consulta: 17 diciembre 2019]. ISSN 0123-4226. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v20n2/v20n2a21.pdf>.
13. NTE INEN 1988:94. Productos quimicos industriales. carbón activado para uso industrial. determinación del número de yodo.
14. PEÑA H, K.J., GIRALDO, L. & MORENO, J.C. "Preparación de carbón activado a partir de cáscara dde naranja por activación química. Caracterización física y química". Revista Colombiana de Química [en línea], 2012, (Colombia) 41(2), pp. 311-323. [Consulta: 7 julio 2020]. ISSN 0120-2804. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-28042012000200010](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042012000200010).
15. ROJAS, Y. Efecto del pH y el tiempo de contacto en la adsorción de cromo hexavalente en solución acuosa utilizando montmorillonita como adsorbente [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Nacional del Centro del Perú. Perú. 2015. pp. 21-153. [Consulta: 06 julio 2020]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1012/Rojas%20Villalva%20Yelitsa%20%2b.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
16. XU, H., LU, A., YU, H., SUN, J. & SHEN, M. "Distribution of Diuron in Coastal Seawater and Sediments from West Sea Area of Zhoushan Island". Open Journal of Marine Science [en línea], 2013, (China) 3(03), pp. 140-147. [Consulta: 18 junio 2020]. ISSN 2161-7384. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/276493516\\_Distribution\\_of\\_Diuron\\_in\\_Coastal  
\\_Seawater\\_and\\_Sediments\\_from\\_West\\_Sea\\_Area\\_of\\_Zhoushan\\_Island](https://www.researchgate.net/publication/276493516_Distribution_of_Diuron_in_Coastal_Sewater_and_Sediments_from_West_Sea_Area_of_Zhoushan_Island)

© 2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).