

# Preparación de carbón activado mediante la activación química de carbón mineral

*Carmen Sarmiento, Jorge Sánchez, César García, Yolanda Rincón,  
Alismara Benítez y Jorge Ramírez*

*Ciclo Básico de la Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química y División de Postgrado de la Facultad de Ingeniería. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela*

Recibido: 18-10-02 Aceptado: 30-03-04

## Resumen

En este trabajo se presenta la preparación y caracterización de carbón activado mediante la activación química, con ácido fosfórico como agente activante, obtenido de carbón mineral de la cuenca carbonífera de Guasare. Se estudiaron las siguientes variables de preparación: granulometría del carbón, temperatura y tiempo de carbonización. La capacidad adsorptiva del carbón activado, se determinó con las técnicas del número de yodo y de azul de metileno. También se midió la adsorción de fenol y se realizó un análisis termogravimétrico del carbón activado fresco y tratado con benceno. El aumento en la temperatura y el tiempo de carbonización no optimizaron grandemente la eficiencia en la capacidad de adsorción del carbón.

**Palabras clave:** Activación química; carbón activado; carbón mineral.

## Preparation of activated coal through chemical activation of mineral coal

### Abstract

In this research work its presents the preparation and characterization of activated coal through acid phosphoric impregnation of mineral coal from Guasare mine. The following variables of preparation were studied: size of coal particles, temperature and time of carbonization. The adsorptive capacity of activated coal was determined by the measurements of iodine number and blue methylene. Also, the phenol adsorption was measured and a thermogravimetric analysis of fresh activated coal and time of carbonization did not improve the efficiency of adsorption capacity of coal.

**Key words:** Activated coal; chemical activation; mineral coal.

### Introducción

El carbón activado es un material poroso carbonáceo con una gran área superficial, es capaz de adsorber una gran diversidad de sustancias tanto gaseosas como líquidas (1), y es conocido desde principios del siglo pasa-

do, por sus propiedades absorbentes. En la actualidad es ampliamente utilizado para remover el color, olor, sabor y un sin número de impurezas orgánicas durante el tratamiento de agua para el uso domestico e industrial. También se usa en la recuperación de solventes, en la remoción del color en diver-

\* Autor para la correspondencia. E-mail: casarpa@cantv.net

sas esencias azucaradas, en el control de la contaminación ambiental, en la industria farmacéutica y médica (1, 2).

La capacidad que tiene el carbón activado para la remoción de sustancias se debe a la alta superficie interna que posee si bien a la alta porosidad y la distribución de tamaño de poros juegan un papel bien importante (1).

Actualmente el 60% de los carbones activados producidos a nivel mundial se obtienen a partir de carbón mineral. La cantidad de carbón utilizado para producir carbones activados se estima para 1998 en  $2.10^5$  t/año. Una parte de este carbón activado se destina a la eliminación de contaminantes procedentes de sectores muy variados, tanto en gases (sulfuro de hidrógeno, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, vapores de gasolina), como en líquidos (aguas industriales, aguas residuales, tintorerías) (1).

En Venezuela, específicamente en el Estado Falcón se produce carbón activado pero no satisface la demanda nacional por lo que se puede afirmar que en el país la producción de carbón activado no se ha desarrollado, aún conociendo que este producto es utilizado en muchas de las industrias básicas, tales como: la industria azucarera, productos alimenticios, productos farmacéuticos, entre otras que lo utilizan como material adsorbente para la eliminación de impurezas, muchas de ellas en concentraciones tan pequeñas que no se detectan con un análisis ordinario.

El uso del carbón activado en el país ha mantenido un ritmo creciente, pero su costo actual se ha elevado tanto que resulta muy costosa su importancia, por lo que se hace necesario producir carbón activado utilizando materia prima nacional que hasta el presente no ha sido aprovechada.

Venezuela cuenta con una gran variedad de recursos de naturaleza carbonácea los cuales pueden ser utilizados como materia prima para la producción de carbón activado, entre ellos se encuentran: carbón mi-

neral, madera, aserrín, leña y desechos agrícolas (conchas de coco, bagazo de caña de azúcar, cáscaras de café y de uva).

Actualmente el país cuenta con diferentes reservas de carbón. Siendo una de las principales la reserva de Guasare ubicada en el Estado Zulia. Este carbón mineral posee características adecuadas para ser utilizado en la producción de carbón activado de uso nacional y de exportación (3). Debido a este hecho resulta muy importante el interés de realizar estudios a escala de laboratorio, dirigidos a la obtención de carbón activado a partir de carbón mineral venezolano.

El objeto del presente trabajo es la preparación de carbón activado mediante el método de activación química. Usando ácido fosfórico como agente activante y carbón mineral de la cuenca carbonífera de Guasare como materia prima y se estudiarán las siguientes variables: granulometría del carbón, temperatura y tiempo de carbonización

Es importante destacar que la parte fundamental del presente estudio está enmarcada en la evaluación de la capacidad adsorptiva del carbón una vez activado, mediante las técnicas del número de yodo y de azul de metileno. También se midió la adsorción de fenol y se realizó un análisis termogravimétrico del carbón activado fresco y tratado con benceno

La producción de carbón activado a partir de carbón mineral venezolano tiene gran importancia económica y se enmarca dentro de los proyectos que de una manera u otra contribuyen a un mejor y oportuno aprovechamiento de los recursos y en particular a los de naturaleza carbonácea y así poder colaborar en la sustitución de importaciones.

Investigaciones han demostrado la factibilidad de producir carbón activado utilizando carbón mineral. Amado preparó carbón activado a escala de laboratorio, mediante activación física y química con carbón de la región de Lobatera y concluyó que las características de carbón activado dependen de la

temperatura de carbonización, tiempo y modo de activación y además que a temperaturas de carbonización muy altas se obtiene un producto con bajo poder de retención, debido al alto contenido de cenizas que se encuentran presentes a esas condiciones (3)

González aplicó un conjunto de métodos experimentales para evaluar y caracterizar la capacidad del carbón activado aplicando los métodos del número de yodo, número de melaza, número de azul de metileno, cenizas, humedad, análisis de tamiz, densidad aparente y también determinó las condiciones óptimas de la activación física y química con carbón de la cuenca carbonífera del Guasare, sometiendo el carbón a carbonización a dos temperaturas, y luego el residuo a una activación física con vapor de agua (4, 5).

### **Metodología Experimental**

Se utilizó carbón mineral (16-40 mesh, 60-100 mesh y mayor de 4 mesh), carbón activado Darco G-60 (Fischer D-127), carbón activado Norit-A (Brian Chemical), tamaño de partícula mayor de 74  $\mu\text{m}$  (15-20%); mayor de 10  $\mu\text{m}$  (75- 80%).

El carbón mineral usado como materia prima procede del Manto IV (Paso Diablo) de la Cuenca Carbonífera Guasare Edo. Zulia Venezuela. Previamente fue triturado en un molino de mandíbula, y una segunda trituración se hizo en un molino de disco, se parándolo en fracciones de granulometrías: +16-40 mesh, +60-100 mesh y mayor de 100 mesh. Una vez preparada la muestra de carbón, se sometió a un proceso de caracterización, realizando los respectivos análisis inmediatos: humedad (ASTM D3173-87), materia volátil (ASTM D3175-82), y cenizas (ASTM D31 74-89).

Los análisis elementales se realizaron según las siguientes normas: para carbono, ASTM D3178-73; para hidrógeno, ASTM D3178-73; para azufre, Método Leco IR-33 y para nitrógeno ASTM D3179-73.

La activación química se llevó a cabo, utilizando como agente activante una solución acuosa de ácido fosfórico al 85%, se tomaron 300 gramos de carbón y se impregnaron con 300 mL de la solución de ácido fosfórico, luego se agitó y calentó a 120°C por un tiempo de 24 horas para optimizar el proceso de impregnación.

Finalizado el tiempo de impregnación, se llevó a cabo la carbonización, calentando las muestras impregnadas en ausencia de aire a diferentes temperaturas de 500, 700 y 900°C y a diferentes intervalos de tiempo de 1, 2 y 3 horas.

Esta etapa se realizó de la siguiente manera: la muestra se introdujo en un horno tipo mufla a temperatura inicial de 100°C. Una vez cargada la muestra se fijó la temperatura deseada. Al alcanzar dicha temperatura se comenzó a medir el tiempo y al finalizar el tiempo seleccionado se retiró la muestra, rociándose inmediatamente con agua para evitar pérdidas por combustión (6).

Los carbones activados producidos por la activación del carbón del Guasare y los carbones comerciales fueron caracterizados con las siguientes técnicas: número de azul de metileno, número de yodo y adsorción de fenol. También se llevó a cabo un análisis termogravimétrico de carbón activado para determinar la estabilidad térmica del carbón activado y su capacidad de adsorción de benceno (7).

### **Resultados y Discusión**

La caracterización del carbón mineral utilizado como materia prima incluyó análisis inmediatos y elementales, de acuerdo a las normas ASTM mencionadas anteriormente y resultaron en los siguientes porcentajes: carbono 74,98; hidrógeno 5,59; azufre 1,59; nitrógeno 1,62; humedad 3,12; materia volátil 37,53 y cenizas 6,32.

### Adsorción de Azul de Metileno

El azul de metileno es el compuesto más usado en la evaluación del poder decolorante del carbón activado y su adsorción da indicios de la presencia de macro y mesoporos (8).

En la Tabla 1 se presentan los resultados de la adsorción de azul de metileno en el carbón activado de granulometría 16 - 40 mesh (1,180 - 0,425 mm). En esta tabla se aprecia que la adsorción disminuye ligeramente al aumentar la temperatura de carbonización de 500°C a 700°C. Esto puede deberse a que al aumentar la temperatura incrementa en mayor grado la proporción de microporos, los cuales contribuyen de manera determinante en el valor del área superficial y por ende en las propiedades adsorbentes del material.

También para las temperaturas de carbonización de 500°C y 700°C se observó una variación de la adsorción con el tiempo de carbonización, resultando una mayor capacidad de adsorción de azul de metileno en las muestras carbonizadas por más de 1 hora. En la muestra carbonizada a 500°C y 700°C por una 1 hora, la concentración de la solución de azul de metileno disminuyó de 100 ppm a 17,9 ppm y 23,9 ppm respectivamente, mientras que en la carbonizada por tres horas, las concentraciones finales fueron de 4,0 ppm y 6,4 ppm respectivamente. Se puede afirmar que en el carbón activado de 16-40 mesh, obtenido por carbonización

a 500 y 700°C, la adsorción de azul de metileno aumenta a medida que se incrementa el tiempo de carbonización. Este aumento de la adsorción puede deberse al incremento de la estructura porosa del carbón incluyendo la creación de macro y mesoporos lo cual aumenta la accesibilidad de la molécula de azul de metileno.

Por otra parte, al comparar la carbonización a 700°C con la realizada a 900°C, se observó que las concentraciones finales de azul de metileno en las soluciones fueron menores que en la muestra carbonizada a 900°C. Esto pudo deberse al colapso de la microporosidad, quizás por efecto de la concentración de cenizas, parte inorgánica de la materia en los microporos, lo cual reduciría el área superficial interna y facilita la adsorción de moléculas grandes que están asociadas a macroporos.

En las Tablas 2 y 3 se presentan los resultados de la adsorción de azul de metileno en el carbón activado de granulometría de 60 - 100 mesh (0,250 - 0,150 mm) y > 100 mesh (0,150 mm), respectivamente. Al comparar la capacidad de adsorción de estos carbones con la del carbón de 16 - 40 mesh, se observó que la adsorción de azul de metileno aumenta ligeramente cuando se disminuye el tamaño de la partícula del carbón.

Por otra parte, no se observó un efecto apreciable de la temperatura y tiempo de carbonización en la capacidad de absorción de azul de metileno de los carbones activa-

Tabla 1  
Adsorción de azul de metileno en carbón activado de 16 - 40 mesh

t.c(h)	Temperatura de Carbonización								
	500°C			700°C			900°C		
	Ci (ppm)	Cf (ppm)	X (mg/g)	Ci (ppm)	Cf (ppm)	X (mg/g)	Ci (ppm)	Cf (ppm)	X (mg/g)
1	100	17,9	4,1	100	23,9	3,8	100	5,6	4,7
2	100	5,2	4,7	100	11,0	4,5	100	5,2	4,7
3	100	4,0	4,8	100	6,4	4,7	100	5,1	4,7

Tabla 2  
Adsorción de azul de metileno en carbón activado de 60 – 100 mesh

Tiempo de carbonización (h)	Temperatura de Carbonización					
	500°C			700°C		
	Ci (ppm)	Cf (ppm)	X (mg/g)	Ci (ppm)	Cf (ppm)	X (mg/g)
1	100	4,2	4,8	100	8,3	4,6
2	100	3,8	4,8	100	4,0	4,8
3	100	3,6	4,8	100	3,6	4,8

Tabla 3  
Adsorción de azul de metileno en carbón activado de > de 100 mesh

Tiempo de carbonización (h)	Temperatura de Carbonización					
	500°C			700°C		
	Ci (ppm)	Cf (ppm)	X (mg/g)	Ci (ppm)	Cf (ppm)	X (mg/g)
1	100	4,0	4,8	100	5,2	4,7
2	100	4,0	4,8	100	5,2	4,7
3	100	3,6	4,8	100	4,0	4,8

dos. De hecho tampoco se observa diferencia al variar la granulometría, de 60 - 100 mesh a 100 mesh.

Se aplicó la técnica de adsorción de azul de metileno a los adsorbentes Darco G-60 y Norit A, los cuales son carbones activados de uso comercial, y al carbón mineral. El objetivo de evaluar la materia prima, era verificar si en realidad la impregnación por ácido fosfórico y la posterior carbonización mejoraba las propiedades adsorbentes de este material carbonoso. La capacidad de adsorción de azul de metileno tanto para el carbón mineral como para los carbones activados Darco G-60 y Norit A, se presentan en la Tabla 4.

En esta tabla puede observarse, que el carbón mineral adsorbe una cantidad muy pequeña de azul de metileno; la concentración del azul de metileno disminuyó de 100 ppm a 90 ppm, lo que equivale a un valor de absorción de 0,5 mg de azul de metileno por gramo de carbón. Comparando

esta capacidad de adsorción con la obtenida en los carbones activados preparados (Tablas 1, 2 y 3) puede afirmarse que la activación química logró mejorar apreciablemente la capacidad adsorbente del carbón de Guasare.

También se observa en la Tabla 4, que la capacidad de adsorción de azul de metileno en los carbones activados de uso comercial, resultó ser alta. Estos adsorbentes comerciales lograron disminuir totalmente la concentración de azul de metileno.

### Adsorción de Yodo

La adsorción de yodo se realizó con el propósito de establecer la capacidad de los carbones activados preparados por activación química, de adsorber moléculas no polares de diámetro pequeño. Generalmente los valores de yodo pueden relacionarse de manera directa con el área superficial del carbón activado (8).

Los números de yodo para los carbones de granulometría 16 - 40 mesh, 60 - 100 mesh y > 100 mesh se presentan en las Tablas 5, 6 y 7, respectivamente. Al comparar los resultados se observa, en primer lugar que los valores más altos de número de yodo se alcanzaron en los carbones activados obtenidos por carbonización a 700°C, para las tres granulometrías estudiadas.

En segundo lugar se observa que los números de yodo disminuyen al incrementar el tiempo de carbonización, y aumentan al disminuir el tamaño de la partícula del carbón.

Tal como se mencionó anteriormente en la discusión de los resultados de la absorción de azul de metileno la carbonización a 700°C ocasionó en el carbón activado una mayor cantidad de microporos. Los resultados obtenidos en la adsorción de yodo permiten atribuir cierta validez a tal suposición, ya que en la muestra carbonizada a 700°C se obtuvo mayores números de yodo lo cual está relacionado directamente con la microporosidad del adsorbente (8). La menor adsorción de yodo a mayor tiempo de carbonización puede deberse a que la carbonización por mucho tiempo produce un aumento del contenido de cenizas, lo cual origina un taponamiento de los poros ocasionando una menor accesibilidad de las moléculas de yodo.

Al comparar los números de yodo en la muestra 16 - 40 mesh, carbonizada a 900°C con los de la carbonización a 700°C se observa que estos son algo menores, lo cual puede deberse a que al enfriarse la muestra carbonizada los microporos se colapsan y se hacen inaccesibles a temperatura ambiente.

Los números de yodo obtenidos en los adsorbentes comerciales y en el carbón mineral se presentan en la Tabla 8. El número de yodo del carbón mineral también fue menor que el de los carbones preparados por activación química. Esto corrobora la mejoría de la capacidad de adsorción del carbón mineral con la activación química. Los carbones co-

Tabla 4  
Adsorción de azul de metileno en el carbón mineral y en los carbones comerciales (Darco G-60 y Norit A)

Producto	Ci (ppm)	Cf (ppm)	X (mg/g)
Carbón mineral (60 - 100 mesh)	100	90	0,5
Darco G-60	100	0	5
Norit A	100	0	5

Tabla 5  
Adsorción de yodo en el carbón activado de 16 - 40 mesh

Tiempo de carbonización (h)	Temperatura de carbonización		
	500°C	700°C	900°C
	N° de Yodo	N° de Yodo	N° de Yodo
1	310,13	405,36	376,71
2	305,66	392,60	380,97
3	289,75	385,51	373,81

Tabla 6  
Adsorción de yodo en el carbón activado de 60 - 100 mesh

Tiempo de carbonización (h)	Temperatura de carbonización	
	500°C	700°C
	N° de Yodo	N° de Yodo
1	331,44	422,89
2	308,52	408,90
3	300,20	389,76

merciales muestran una alta capacidad de adsorción de yodo, tal como lo reflejan los altos valores de número de yodo obtenidos.

En cuanto a los carbones activados preparados en este trabajo, los números de yodo

Tabla 7  
Adsorción de yodo en el carbón activado  
de > 100 mesh

Tiempo de carbonización (h)	Temperatura de carbonización	
	500°C	700°C
	Nº de Yodo	Nº de Yodo
1	416,71	425,22
2	389,76	411,41
3	355,18	398,27

Tabla 8  
Adsorción de yodo en el carbón activado  
de > 100 mesh

Productos	Número de Yodo
Carbón mineral (16 - 40 mesh)	237
Darco G-60	450,65
Norit A	439,70

son aproximadamente el 94% de los obtenidos en los carbones comerciales.

### Adsorción de Fenol

El fenol es una molécula de tamaño mediano, la cual exhibe un comportamiento ácido (7), la adsorción de fenol es un análisis realizado frecuentemente en carbones activados que se usan en la purificación de agua (2).

Se realizó la adsorción de fenol de soluciones acuosas con 20 a 50 ppm de fenol en la muestra 16 - 40 mesh, carbonizada por 2 horas a 500°C, 700°C y 900°C, con el fin de establecer el efecto de la temperatura de carbonización, por lo que no se varió el tiempo de carbonización. Los resultados se presentan en la Tabla 9, y se observa que el carbón activado de granulometría 16 - 40 mesh presentó una buena adsorción de fenol. También se puede apreciar que el efecto de temperatura de carbonización no es notorio

ya que la capacidad de absorción de fenol es similar a todas las temperaturas estudiadas.

En la Tabla 10 se muestra la absorción de fenol en carbones comerciales de soluciones acuosas con 20 a 250 ppm de fenol. Se puede apreciar en esta tabla que aún a concentraciones altas de fenol de 250 ppm los carbones comerciales también presentaron una remoción casi total de fenol de las soluciones, lo que confirma la gran capacidad adsorbtiva de estos adsorbentes.

A manera de verificar la eficiencia de la adsorción de fenol al aumentar el tiempo de contacto, se realizó un ensayo adicional al carbón activado de 16 - 40 mesh carbonizado a 500°C por 2 horas que consistió en incrementar de 15 min (procedimiento original) a 1 hora el tiempo de contacto entre el carbón activado y la solución de fenol; los resultados se muestran en la Tabla 11. Comparando los valores de esta tabla con los de la Tabla 9 (muestra carbonizada a 500°C), se puede verificar que la absorción de fenol incrementó a las diferentes concentraciones de 20 a 50 ppm de fenol en las soluciones acuosas.

### Análisis Termogravimétrico (TGA)

La estabilidad de los carbones y la absorción de benceno se estudiaron por análisis termogravimétrico. Las Figuras 1 y 2 muestran los termogramas del carbón mineral y los carbones comerciales activados frescos y saturados de benceno. En esta prueba el carbón activado se puso en contacto con vapor de benceno en un recipiente cerrado (saturador), posteriormente, una vez saturado se traslada al equipo termogravimétrico y se procede al calentamiento con una rampa de 20°C/min en contacto con corriente de nitrógeno. La masa de carbón utilizado es de aproximadamente 15 mg. La masa total a 35°C se tomó como la inicial de la muestra.

El carbón mineral fresco y saturado de benceno, comienza a sufrir una pérdida de masa apreciable a partir de 400°C, indicio de desprendimiento de materia volátil,

Tabla 9  
Adsorción de Fenol en el carbón de granulometría 16 -40 mesh

Tiempo de Carbonización: 2h Temperatura de Carbonización								
500°C			700°C			900°C		
Ci (ppm)	Cf (ppm)	X (mg/g)	Ci (ppm)	Cf (ppm)	X (mg/g)	Ci (ppm)	Cf (ppm)	X (mg/g)
50	6,0	2,2	50	4,9	2,3	50	5,0	2,3
40	3,3	1,8	40	2,6	1,9	40	3,2	1,8
30	2,7	1,4	30	1,8	1,4	30	2,4	1,4
20	1,8	0,9	20	1,3	0,9	20	1,7	0,9

Tabla 10  
Adsorción de Fenol en los carbones activados comerciales

Darco G -60			Norit A		
Ci (ppm)	Cf (ppm)	X/m (mg/g)	Ci (ppm)	Cf (ppm)	X/m (mg/g)
20	0	1	20	0	1
30	0	1,5	30	0	1,5
40	0	2	40	0	2
50	0	2,5	50	0	2,5
100	0	5	100	0,7	5
150	0,3	7,5	150	0,9	7,5
200	0,4	10	200	0,9	10
250	0,4	12,5	250	1,1	12,5

hasta la pérdida casi total de la masa inicial. En cuanto a los carbones comerciales se observa que el Norit A tiene un comportamiento similar que el carbón mineral, mientras que el Darco G- 60 tanto fresco como saturado con benceno, presenta la pérdida pronunciada de masa después de 500°C.

En las Figuras 3 y 4 se muestran los termogramas de los carbones preparados en este trabajo. La pérdida de masa apreciable ocurre luego de alcanzar los 550°C, temperatura que es mayor a la del carbón mineral.

Tabla 11  
Adsorción de Fenol en el carbón activado 16 - 40 mesh durante una (1) hora de contacto

Tiempo de carbonización: 2h Temperatura de carbonización: 500°C		
Ci (ppm)	Cf (ppm)	X (mg/g)
50	0,9	2,5
40	0,9	2
30	0,5	1,5
20	0,5	1



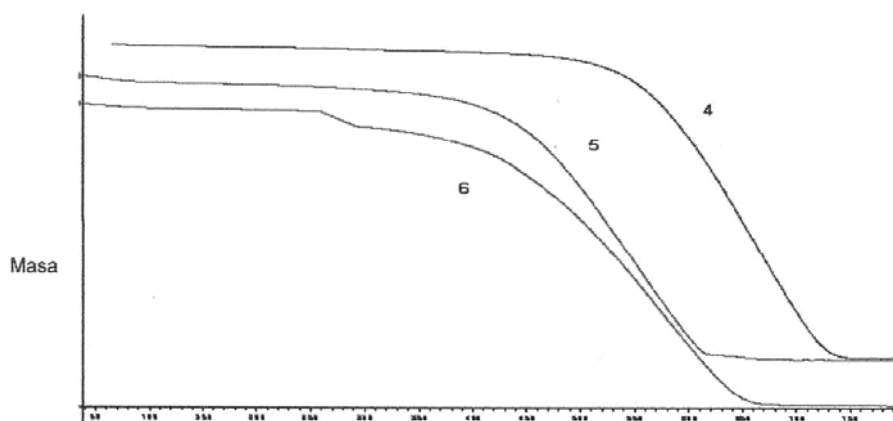


Figura 1. Termogramas para carbón mineral y carbones comerciales frescos. (4) Darco, (5) Norit A, (6) Carbón mineral.

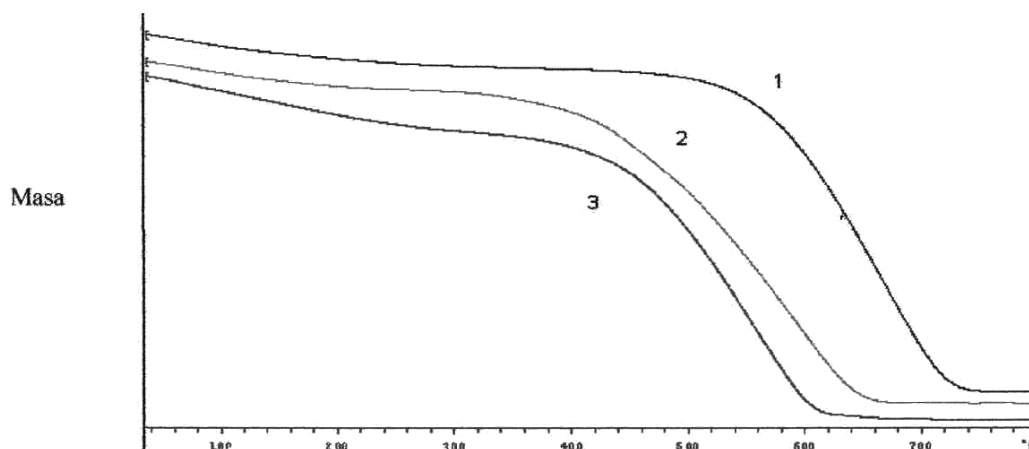


Figura 2. Termogramas para carbón mineral y carbones comerciales saturados con benceno. (1) Darco, (2) carbón mineral, (3) Norit A.

La Tabla 12 muestra las pérdidas de masa en el rango de 35 a 305°C para todos los carbones, siendo la masa inicial de 15 mg. En las muestras saturadas de benceno la pérdida de masa fue mayor que en las frescas. Indicando que la desorción de benceno que se produce a bajas temperaturas y que la pérdida por encima de 400 a 500°C corresponde a la volatilización de carbón.

En la Tabla 13 se muestra que la adsorción de benceno para los carbones activados químicamente fue aceptable, siendo la muestra carbonizada a 500°C por 2 horas la que presentó mayor adsorción

(103,4 mg/g). También se puede observar que la muestra carbonizada a 900°C por 2 horas no logró adsorber benceno, esto pudo deberse a que los poros pueden estar taponados con las cenizas provenientes de la carbonización a altas temperaturas. La pérdida de peso fue mucho mayor en los carbones comerciales, indicando que los carbones activados preparados muestran mayor estabilidad al ser expuestos a altas temperaturas. En estos carbones activados preparados la estabilidad aumenta con el incremento de la temperatura de carbonización.

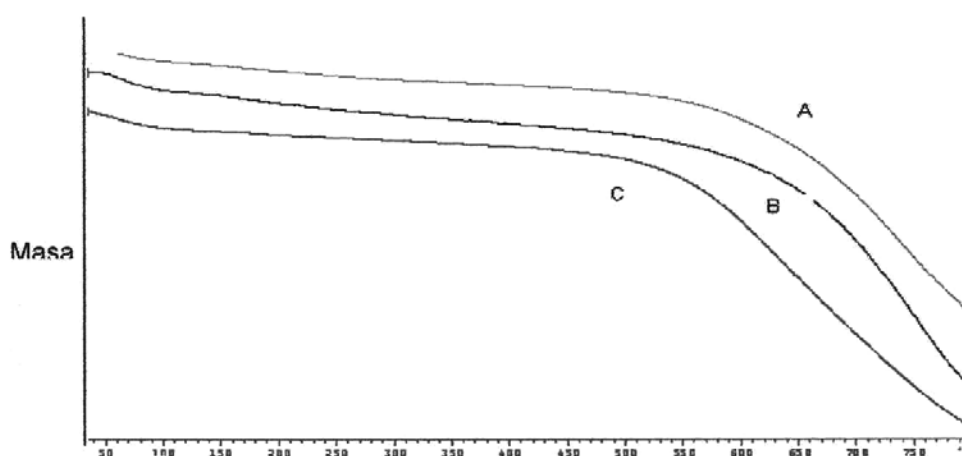


Figura 3. Termogramas para los carbones activados de 16 – 40 mesh frescos (B) 500°C, (A) 700°C, (C) 900°C.

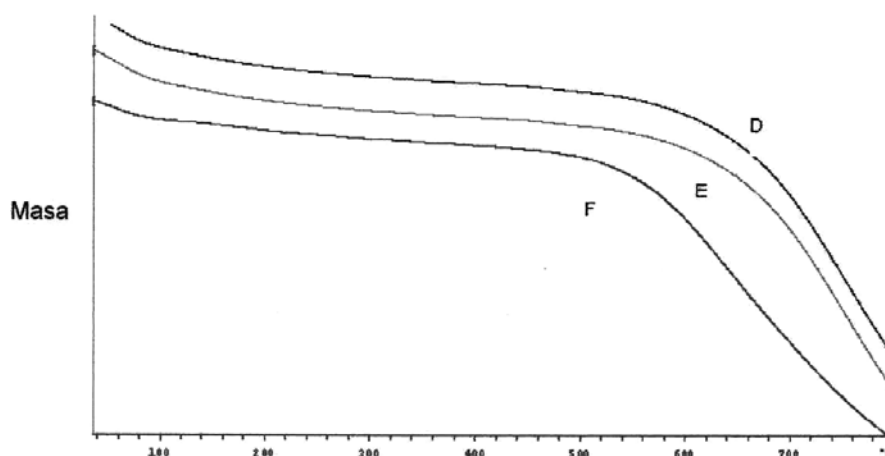


Figura 4. Termogramas para los carbones activados de 16 – 40 mesh saturados con benceno. (D) 500°C, (E) 700°C, (F) 900°C.

### Conclusión

El carbón activado preparado por activación química carbón de Guasare por impregnación de ácido fosfórico presenta una alta capacidad de adsorción de azul de metileno, yodo, fenol y benceno. La adsorción de azul de metileno y de yodo aumenta cuando el tamaño de la partícula de carbón es menor.

El carbón activado químicamente tiene mayor estabilidad que los carbones activados comerciales.

Al aumentar la temperatura de carbonización no se observa una optimización en la capacidad de adsorción ya que las concentraciones finales están todas en el mismo orden, en cambio al aumentar el tiempo de carbonización aumenta la capacidad de adsorción.

### Glosario

Ci: Concentración inicial

Cf: Concentración final

X: Miligramos adsorbidos por gramo de carbón

Tabla 12  
Pérdida de masa para los carbones comerciales, materia prima y carbones de 16 - 40 mesh carbonización por 2 horas, frescos y saturados de Benceno

Muestra	Frescos		Saturados de Benceno			
	m 35°C (mg)	m 305°C (mg)	m (mg)	m 35°C (mg)	m 305°C (mg)	m (mg)
Original	15,04	13,89	1,15	14,97	13,67	1,30
Darco G-60	15,02	14,61	0,41	15,14	13,79	1,35
Norit A	15,12	14,45	0,67	15,06	12,69	2,37
500°C	15,03	13,50	1,53	14,99	12,32	2,67
700°C	15,13	14,00	1,13	15,11	13,27	1,84
900°C	15,16	14,49	0,67	15,12	14,43	0,69

Tabla 13  
Adsorción de Benceno y % de pérdida de los carbones comerciales, carbón mineral y de los carbones de 16 - 40 mesh carbonizados por 2 horas

Carbón	X (mg/g)	% Pérdida de peso por desprendimiento de materia volátil	% Pérdida total de peso
Original	12,3	90,8	100
Darco G-60	69,9	78,0	83,2
Norit A	140,4	91,4	95
500°C	103,4	62,8	70
700°C	58	53,5	59
900°C	1,6	43,3	47,5

### Referencias Bibliográficas

1. PIS J., PARRA J., DE LA PUENTE G., RUBIERA F., PAJARES J. *Fuel* 77(6): 625-630, 1998.
2. LOBOS. P. Caracterización de Carbones Activados Preparados a partir de Materia vegetal (Trabajo Especial de Grado). Universidad del Zulia, Maracaibo (Venezuela), p 73, 1993.
3. AMADO I. Obtención de Carbón Activado a partir de Carbón Mineral (Trabajo Especial de Grado). Universidad del Zulia, Maracaibo (Venezuela), p 74, 1993.
4. GONZÁLEZ J. Metodología sobre la Evaluación de la Capacidad Adsorptiva de Carbón Activado (Trabajo de Ascenso). Universidad del Zulia. Maracaibo (Venezuela), p 75, 1992.
5. GONZÁLEZ J. Estudio Comparativo de la Capacidad de Adsorción de Carbones Activados (Trabajo Especial de Grado) Universidad del Zulia. Maracaibo (Venezuela), p 70, 1996.

6. BENÍTEZ A., RAMÍREZ J. Análisis de la Capacidad Adsorptiva del Carbón Activado Químicamente por Impregnación de Ácido Fosfórico (Trabajo Especial de Grado). Universidad del Zulia. Maracaibo (Venezuela), p 80, 2001.
7. MOLERO N. Propiedades de los Carbones de la Cuenca del Guasare. (Trabajo de As-
- censo). Universidad del Zulia. Maracaibo (Venezuela), p 62, 1984.
8. PÉREZ M., GUERRERO C. Carbonización, Activación y Propiedades Adsorbentes de un Carbón Mineral (Trabajo Especial de Grado). Universidad Simón Bolívar. Caracas (Venezuela), 1997.