

ENTALPÍAS DE INMERSIÓN DE TELAS DE CARBÓN ACTIVADO COMO PARÁMETRO DE CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA

IMMERSION ENTHALPIES OF ACTIVATED CARBON CLOTHS AS PHYSICAL CHEMISTRY CHARACTERIZATION PARAMETER

ENTALPÍAS DE IMERSÃO DE TELAS DE CARVÃO ACTIVAD COM PARÁMETRO DE CARACTERIZAÇÃO FISCO QUIMICA

Giovanny Rodríguez¹, Liliana Giraldo¹, Juan Carlos Moreno²

Recibido: 28/04/09 – Aceptado: 26/11/09

RESUMEN

Se determinan las entalpías de inmersión de cinco telas de carbón activado en CCl_4 , H_2O , y soluciones de NaOH y HCl 0,1 M. Los valores de área superficial de las telas se encuentran entre 243 y 848 m^2g^{-1} , y presentan una relación lineal con las entalpías de inmersión en CCl_4 . Las entalpías de inmersión de las telas de carbón están entre 5,49 y 42,3 Jg^{-1} para el CCl_4 y entre 3,83 y 7,54 Jg^{-1} para el H_2O .

Las entalpías de inmersión en las soluciones se relacionan con los contenidos de grupos ácidos y básicos, y se encuentra que para el primer caso, al aumentar la entalpía de inmersión en NaOH, aumenta la acidez total.

Se calcula el factor hidrofóbico a partir de las entalpías de inmersión en CCl_4 y

H_2O , que indica la interacción del sólido con compuestos polares y apolares, y a la vez se relaciona con el pH_{PZC} de cada muestra.

Palabras clave: tela de carbón activado, isoterma de adsorción, calorimetría de inmersión, grupos ácidos y básicos, factor hidrofóbico.

ABSTRACT

The immersion enthalpies of five activated carbon cloths in carbon, CCl_4 , H_2O and NaOH and HCl 0.1 M solutions are determined. The surface area values of the cloths are between 243 and 848 m^2g^{-1} and exhibit a linear relationship with the immersion enthalpies in CCl_4 . The immersion enthalpies of carbon cloths are between 5.49 and 42.3 Jg^{-1} for CCl_4 and 3.83 and 7.54 Jg^{-1} for H_2O .

1 Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Bogotá, Colombia. lgiraldogu@unal.edu.co

2 Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. jumoreno@uniandes.edu.co

The immersion enthalpies in the solutions are related to the contents of acidic and basic groups and find that in the first case to increase the immersion enthalpy in NaOH increases the total acidity.

Hydrophobic factor is calculated from the immersion enthalpies in CCl_4 and H_2O , that indicate the interaction with polar and apolar compounds, and also relates to pH_{PZC} each sample.

Key words: activated carbon cloth, adsorption isotherm, immersion calorimetry, acidic and basic groups, hydrophobic factor.

RESUMO

Determinam-se as entalpias de imersão de cinco telas de carvão ativado em CCl_4 , H_2O , e soluções de NaOH e HCl 0,1 M. Os valores de área superficial das telas encontram-se entre 243 e 848 m^2g^{-1} , e apresentam uma relação lineal com as entalpias de imersão em CCl_4 . As entalpias de imersão das telas de carvão estão entre 5,49 e 42,3 Jg^{-1} para o CCl_4 e entre 3,83 e 7,54 Jg^{-1} para o H_2O .

As entalpias de imersão nas soluções relacionam-se com os conteúdos de grupos ácidos e básicos e encontra-se que para o primeiro caso ao aumentar a entalpia de imersão em NaOH aumenta a acidez total.

Calcula-se o factor hidrofóbico a partir das entalpias de imersão em CCl_4 e H_2O , que indica a interacção do sólido com compostos polares e apolares, e ao mesmo tempo se relaciona com o pH_{PZC} da cada mostra.

Palavras-chave: telas de carvão ativado, isotermas de adsorção, calorime-

tria de imersão, grupos ácidos e básicos, factor hidrofóbico.

INTRODUCCIÓN

Las telas de carbón activado son materiales porosos pertenecientes al grupo de los carbones activados, que gracias a la forma delgada de sus fibras, su eficiencia de contacto, y fácil manipulación, se han convertido en adsorbentes de amplio uso en procesos de descontaminación tanto en fase acuosa como gaseosa (1-3).

Las fibras de carbón activado se han preparado en forma de tela a partir de rayón viscosa, y posteriormente se han utilizado otras materias primas en la búsqueda de procesos en los que la materia resultante pudiera competir con los carbones activados comerciales (4, 5). De hecho, hay varios trabajos que describen la preparación de telas de carbón activado mediante carbonización de fibras de celulosa tratadas con agentes químicos como haluros de aluminio, cinc, hierro, etc., seguida de activación con vapor de agua o dióxido de carbono (6, 7).

La preparación de las telas de carbón activado abarca tres etapas, la primera de las cuales es la descomposición a bajas temperaturas, que incluye reacciones que implican la eliminación de materia volátil y reorganizaciones estructurales. A temperaturas por debajo de 240 °C se elimina el agua adsorbida y se produce una reestructuración de la celulosa. Entonces, la condensación entre hidrógeno y grupos hidroxilo en el retículo celulósico produce moléculas de agua que conducen a rupturas de enlaces y a pérdidas de peso del material. Entre 240 y 400 °C tiene lugar la ruptura de enlaces C-O y C-C, dando

lugar a alquitranes, agua, CO_2 y CO . Cada molécula de celulosa se rompe quedando un residuo que contiene cuatro átomos de carbono. La eliminación de moléculas de agua favorece la formación de deshidrocelulosa, el mayor constituyente del residuo sólido. Una segunda reacción conduce al levoglucosán, que descompone y da como resultado productos carbonosos volátiles y es la razón principal para el bajo rendimiento, por debajo del 30% en la mayor parte de los casos. Las dos etapas siguientes son la carbonización en atmósfera inerte y la activación (8, 9).

Una vez obtenidas las telas de carbón activado, estas se caracterizan mediante las técnicas comúnmente utilizadas, como determinación de isotermas de adsorción en fase gas y líquida (10), que permiten obtener las características físicas del sólido y los métodos químicos que llevan a la caracterización de la química superficial (11). La determinación de las entalpías de inmersión complementa la información fisicoquímica en cuanto que su valor constituye por sí mismo un parámetro de caracterización, y porque dichas entalpías de inmersión se pueden relacionar con las propiedades físicas y químicas de las telas, ya que su valor se modifica de acuerdo con la variación en las propiedades superficiales del sólido (12).

En este trabajo se establecen las relaciones que existen entre las entalpías de inmersión de cinco telas de carbón activado, obtenidas en un trabajo anterior (13), en tetracloruro de carbono, agua y soluciones de NaOH y HCl 0,1 M, y las propiedades fisicoquímicas de dichas telas como área superficial, volumen de microporo, acidez y basicidad total y pH en el punto de carga cero; además, se calcula

un factor hidrofóbico para cada una de las telas de carbón activado, el cual se relaciona con las propiedades químicas de las mismas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de las telas de carbón activado

Se usan como precursores telas 100% de algodón, Coltejer (Medellín, Colombia). Las denominaciones de estos textiles corresponden a *Índigo Calypso* y *Drill super 8*, con densidades, de caracterización industrial, 14 y 12 onzyd², respectivamente. Tiras de 25 x 15 cm de las telas de partida se impregnan con soluciones de ácido fosfórico o de cloruro de aluminio al 1%. Las telas se carbonizan en un horno horizontal con controlador de temperatura Eurotherm Thermolab, hasta una temperatura final de 850 °C bajo un flujo de nitrógeno o de dióxido de carbono de 100 cm³min⁻¹ y una velocidad de calentamiento lineal de 5 °C min⁻¹. Para las dos telas utilizadas, el tiempo de activación es de 1 hora (14).

Caracterización textural

La porosidad de los carbonizados se evalúa por adsorción física de nitrógeno a 77 K en un equipo convencional volumétrico, Autosorb 3B, Quantachrome. El volumen de microporo se calcula utilizando la ecuación de Dubinin-Radushkevich, y el área superficial aparente, a partir de la aplicación del modelo de BET.

Caracterización química

La acidez y basicidad total se determinan mediante el método de Boehm (11). Se pesan aproximadamente 0,1000 g de las

telas y se ponen en contacto con 25 mL de NaOH y HCl 0,05 M, en recipientes herméticos de 50 mL durante cinco días, y posteriormente se titulan alícuotas de 10,0 mL de las soluciones con ácido o base previamente estandarizados con un titulador automático Schoot Titroline Alfa-Plus.

Para la determinación del punto de carga cero, se pesan 0,1000 g de las telas y se ponen en contacto con 25 mL de solución de NaCl 0,01 M, durante 48 horas a diferentes pH iniciales ajustados con HCl y NaOH 0,1 M; transcurrido el tiempo se mide el pH de equilibrio (15).

Entalpías de inmersión

Las entalpías de inmersión de los materiales preparados se determinan en: tetracloruro de carbono, agua y soluciones de NaOH y HCl 0,1 M, en un microcalorímetro de conducción de calor tipo Calvet, con una celda calorimétrica de acero inoxidable. Se pesan alrededor de 100 mg de las telas de carbón activado, en una ampolla de vidrio, se ensambla el calorímetro cuya celda contiene 10,0 mL del líquido; cuando el equipo alcanza el equilibrio térmico, la ampolla se rompe, el sólido se moja por el líquido, y el calor generado se

registra en función del tiempo. Finalmente se calibra eléctricamente mediante el suministro de un trabajo eléctrico conocido a la celda calorimétrica a través de una resistencia eléctrica de calibración de 100 ohmios y un cuarto de watio (16).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 aparecen los resultados obtenidos a partir de las isothermas de N₂ y CO₂ que se realizaron sobre las muestras de telas de carbón activado, e igualmente la identificación de la muestra que corresponde a la fibra, F, que puede ser de índigo o drill, I o D, el agente químico activante, que puede ser ácido fosfórico o cloruro de aluminio, P o A y la atmósfera de activación, que es nitrógeno o dióxido de carbono, N o C. También se presenta el área superficial S_{BET}, en m²g⁻¹, el volumen total de poro, en cm³g⁻¹, y mediante la aplicación del modelo de Dubinin-Radushkevich se calculan el volumen de microporo, V_o, y la energía característica, E_o, para la adsorción de N₂ y el volumen de microporo para la adsorción de CO₂.

Las telas de carbón activado que se estudian presentan valores de área superficial del orden de 200 a 800 m²g⁻¹, que son

Tabla 1. Características texturales de las telas de carbón activado

Muestra	S _{BET} (m ² g ⁻¹)	Volumen total de poro (cm ³ g ⁻¹)	N ₂		CO ₂
			V _o DR (cm ³ g ⁻¹)	E _o DR (kJ mol ⁻¹)	V _o DR (cm ³ g ⁻¹)
FIPC	709	0,45	0,38	13,1	0,45
FIAN	243	0,17	0,13	7,18	0,27
FIAC	848	0,57	0,41	10,03	0,37
FDPN	346	0,23	0,17	10,94	0,3
FDAC	652	0,44	0,31	11,52	0,31

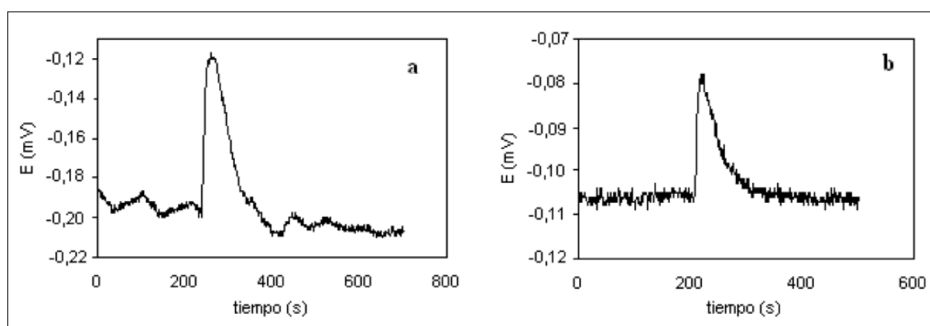


Figura 1. Termogramas de la inmersión de la tela de carbón activado FIAC en CCl_4 (a) y en agua (b).

los valores que se suelen obtener en las condiciones de preparación empleadas, en particular el bajo tiempo de activación de 1 hora, y que es comparable con otros trabajos de preparación de carbones activados, como reportan Daguerre y col. con carbones activados obtenidos de carbonizados de petróleo y carbón que presentan volúmenes de microporos entre $0,12$ y $0,49 \text{ cm}^3\text{g}^{-1}$ (17). La tela de carbón activado con mayor desarrollo de área superficial y volumen de microporo es la FIAC, con valores de $848 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ y $0,41 \text{ cm}^3\text{g}^{-1}$, respectivamente. El volumen de microporo con respecto al CO_2 se calcula para encontrar la microporosidad estrecha que presentan los sólidos porosos.

Las telas de carbón activado se caracterizan caloriméricamente al determinar las entalpías de inmersión de las mismas en tetracloruro de carbono, agua y soluciones de HCl y NaOH , cuyos valores se pueden relacionar con las propiedades físicas y químicas de las telas, para establecer cómo afectan las variaciones en las propiedades las interacciones energéticas entre los sólidos y los diferentes líquidos calorimétricos. En la Figura 1 se muestran los termogramas obtenidos al sumergir la tela FIAC en CCl_4 (a) y en agua (b).

En las dos gráficas se obtienen picos bien definidos, de los cuales se calcula el calor que se libera en el proceso al evaluar el área bajo la curva de cada pico; en la Figura 1(a), se observa el pico que se genera en la curva de potencial en función del tiempo, debido al efecto térmico que se produce por la interacción entre el líquido, CCl_4 , de naturaleza apolar con la tela de carbón activado, que se puede relacionar con el área superficial del sólido (12) y que es mayor que el que se obtiene en la Figura 1(b), que corresponde a la inmersión de la misma tela en agua.

Una vez se determina la entalpía de inmersión de las telas de carbón activado en CCl_4 y agua se establece la relación entre estas, como se muestra en la Figura 2.

Los datos experimentales se ajustan a un comportamiento lineal, que indica que las interacciones energéticas de los sólidos en los dos solventes son directamente proporcionales, si se tiene en cuenta que cuando el solvente es CCl_4 se ponen de manifiesto las interacciones de contacto superficial con el sólido, mientras que con el agua se registran adicionalmente las interacciones específicas. El coeficiente de correlación entre las entalpías de inmersión es de $0,9923$, y se represen-

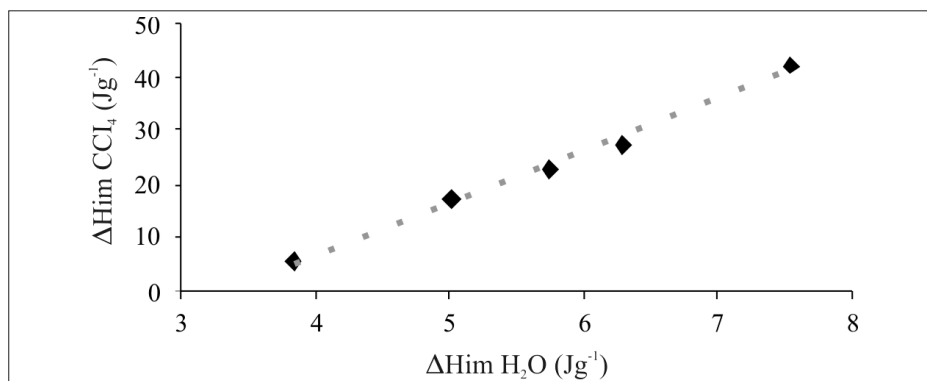


Figura 2. Entalpías de inmersión de las telas de carbón activado en CCl₄ y agua.

ta por la línea punteada de la gráfica, que permite observar un cambio entre las entalpías de 9,7 para una interacción de 1 Julio por gramo de tela de carbón activado con respecto al agua.

El área superficial de las muestras se relaciona con la entalpía de inmersión en tetracloruro de carbono, para sólidos que presentan alto grado de microporosidad, y el valor del área se puede calcular por medio de la evaluación de un sólido de composición similar al que se estudia que se usa como referencia (18). Para las telas de carbón activado de este trabajo se obtiene la re-

lación que se presenta en la Figura 3, en la que a medida que aumenta el valor del área superficial, se incrementa la entalpía de inmersión, sin embargo los puntos experimentales presentan una dispersión moderada, que puede ser atribuida a que las telas de carbón activado presentan un contenido de mesoporosidad.

Las telas de carbón activado también se caracterizan mediante la determinación de las entalpías de inmersión en soluciones de HCl y NaOH 0,1 M, con el propósito de relacionarlas con la acidez, con valores entre 514 y 1014 μmol g⁻¹, y la ba-

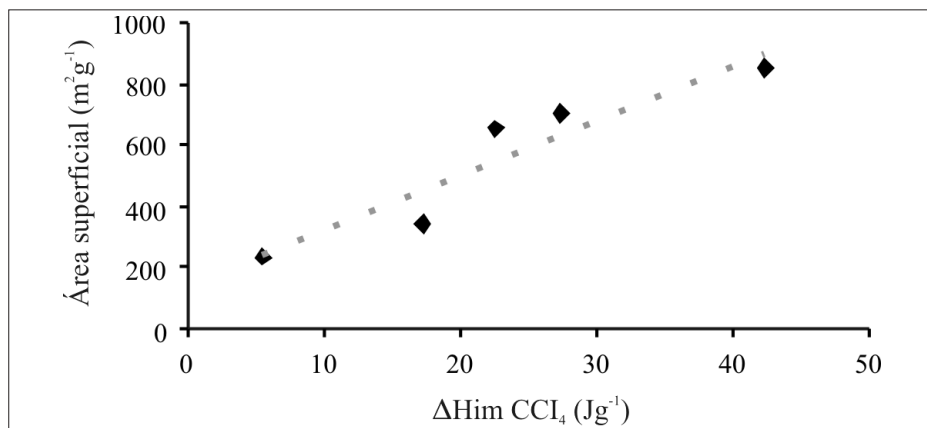


Figura 3. Relación entre el área superficial y la entalpía de inmersión en CCl₄ de las telas de carbón activado.

sicidad total con valores entre 4 y $86 \mu\text{mol g}^{-1}$, que son valores pequeños si se comparan con carbones que se modifican por medio de agentes oxidantes (19), en el caso de la acidez total. La cantidad de grupos superficiales lleva a que las telas de carbón activado que se estudian presenten valores para el pH en el punto de carga cero, pH_{PZC} , débilmente ácidos, cercanos a la neutralidad. En la Figura 4, se muestra la relación que tienen las entalpías de inmersión de las telas de carbón activado en las soluciones, ΔH_{imHCl} y ΔH_{imNaOH} , y que a su vez se relacionan con la acidez y basicidad de las muestras.

La curva punteada muestra una tendencia del comportamiento que siguen las entalpías en solución básica y ácida, cuyos puntos experimentales se ubican alrededor de la curva de forma dispersa; se observa que para estas muestras los cambios en las entalpías son bajos con diferencias para el caso de la entalpía de inmersión en NaOH de alrededor de 14 J g^{-1} , mientras que para las entalpías de inmersión en HCl son menores, lo que indi-

ca que las muestras son similares en lo que respecta al contenido de grupos ácidos y básicos superficiales.

Como las entalpías de inmersión de las telas en las soluciones se relacionan con la acidez y basicidad total de las mismas, se construyen gráficas de dichas entalpías en función de los contenidos de grupos ácidos y básicos, que se muestran en la Figura 5. Se aprecia que para el caso de la entalpía de inmersión en función del contenido de grupos ácidos (a), se presenta un aumento en el valor de la entalpía cuando se incrementa el valor de la acidez de la tela, con excepción de la muestra FIAN, cuyo agente activante es AlCl_3 en atmósfera de nitrógeno, que presenta una acidez de $514 \mu\text{mol g}^{-1}$ y una entalpía de inmersión en NaOH de $17,7 \text{ J g}^{-1}$. Con respecto a los grupos básicos, la gráfica no presenta una correlación específica, y se debe anotar que los valores para las entalpías de inmersión de las telas en solución de HCl son similares, y que los valores para los grupos básicos son menores que para los grupos ácidos.

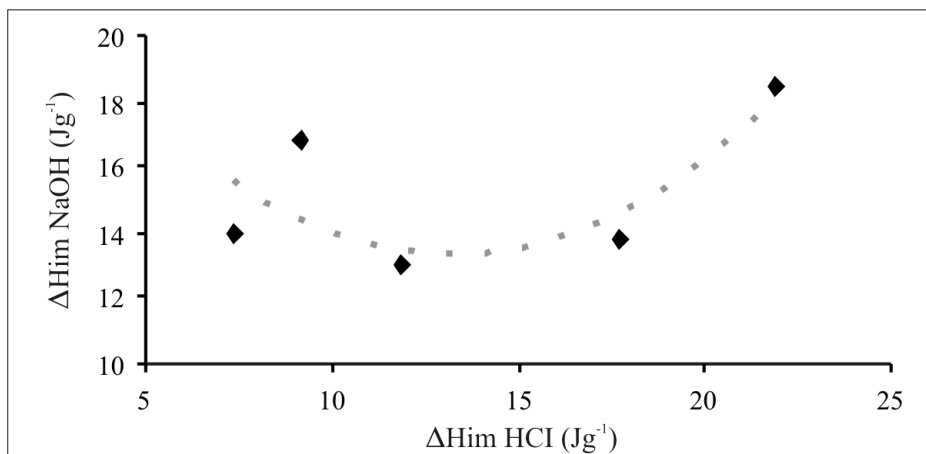


Figura 4. Relación entre las entalpías de inmersión de las telas de carbón activado en soluciones de HCl y NaOH.

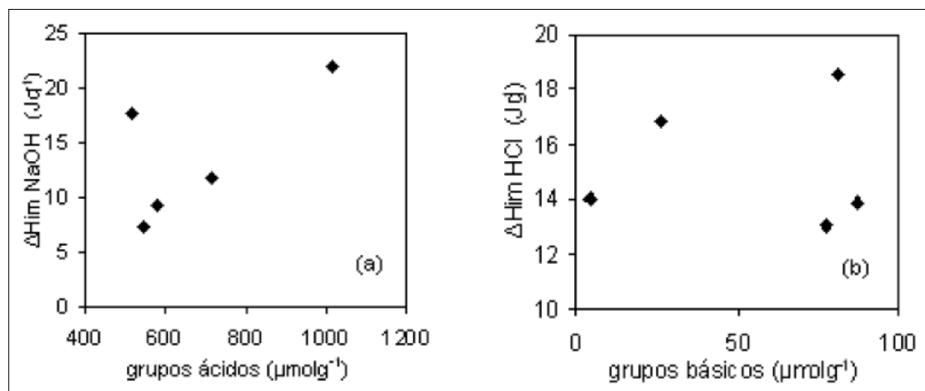


Figura 5. Entalpías de inmersión en soluciones en función de (a) contenido de grupos ácidos (b) contenido de grupos básicos.

Otra de las características de los materiales carbonosos es el pH en el punto de carga cero, pH_{PZC} , que establece la carga de la superficie de los materiales, y que se relaciona con la química superficial, que a su vez afecta las interacciones energéticas que se presentan entre el sólido y el líquido de inmersión; por esto se relaciona con la entalpía de inmersión de las telas en CCl_4 y se obtiene el comportamiento que se muestra en la Figura 6. Se observa que a medida que aumenta el valor de la entalpía de inmersión, el pH_{PZC} también lo hace siguiendo una función de segundo

orden con un coeficiente de correlación de 0,973 y que es un comportamiento que se ha obtenido en trabajos anteriores para carbones activados granulares (20).

A partir de las entalpías de inmersión de las telas en CCl_4 y agua, se calcula un factor hidrofóbico, f_h , como una relación de dichas entalpías. Este número indica si la interacción del sólido es mayor con compuestos apolares o polares. Una vez se calcula el factor hidrofóbico, f_h , para las telas de carbón activado se relacionan con el pH_{PZC} , que es un aspecto que también influye en las interacciones con dis-

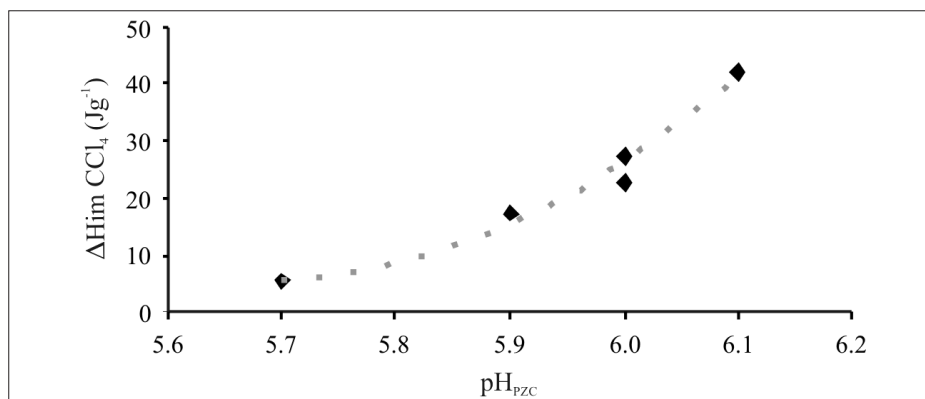


Figura 6. Entalpía de inmersión de las telas de carbón activado en función de pH_{PZC} .

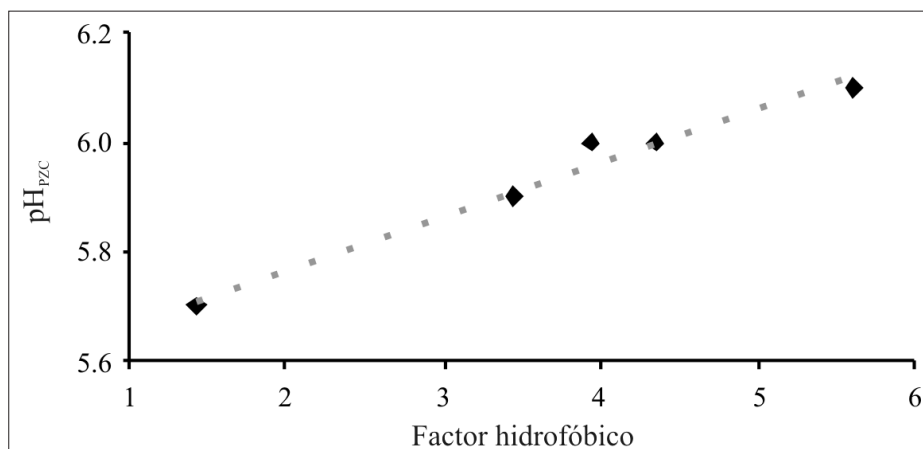


Figura 7. Relación entre el pH en el punto de carga cero, pH_{PZC} , en función del factor hidrofóbico, fh.

tintos compuestos. La dependencia de estos dos parámetros se muestra en la Figura 7.

La relación indica que a medida que el sólido tiene un pH_{PZC} cercano a la neutralidad, el fh, aumenta, y por tanto su interacción es mayor con compuestos apolares.

CONCLUSIONES

Se relacionan las características texturales para cinco telas de carbón activado con los valores de las entalpías de inmersión en CCl_4 , agua, solución de NaOH 0,1 M y solución de HCl 0,1 M; dichos valores se encuentran entre 3,83 y 42,3 J g^{-1} .

Se muestra que para las telas del estudio se presenta una relación lineal entre el área superficial y la entalpía de inmersión en CCl_4 , y para la relación entre las entalpías de inmersión en CCl_4 y en agua, cuyos valores son mayores en todos los casos para la inmersión en el primer solvente, y que indica la relación entre las

interacciones de las telas en los dos solventes.

Cuando se relacionan las entalpías de inmersión en las soluciones ácida y básica, el comportamiento sigue una función no lineal, que muestra interacciones más complejas de las telas con las soluciones; la entalpía de inmersión de las telas en solución de NaOH, con valores entre 7,40 y 21,9 J g^{-1} , en función del contenido de grupos ácidos aumenta al incrementarse el contenido de los mismos, en tanto que no se presenta una relación clara entre la entalpía de inmersión en HCl y el contenido de grupos básicos.

Se calcula un factor hidrofóbico a partir de las entalpías de inmersión en CCl_4 y agua, con valores entre 3,4 y 5,6; dicho factor indica el tipo de interacción de las telas de carbón activado con compuestos polares y apolares.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Convenio Marco entre la Universidad de los Andes y la

Universidad Nacional de Colombia, y al Acta de Acuerdo entre los departamentos de Química de las dos universidades. Se agradece igualmente a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Pastor, A.; Rodríguez-Reinoso, F.; Marsh, H.; Martínez, M. Preparation of Activated Carbon Cloths from Viscous Rayon. Part I. Carbonization Procedures. *Carbon*. 1999. **37**: 1275-1283.
- Valente Nabais, J. M.; Canário, T.; Carrott, P. J. M.; Ribeiro Carrott, M. M. L. Production of activated carbon cloth with controlled structure and porosity from a new precursor. *J. Porous Materials*. 2007. **14**: 181-185.
- Villar-Rodil, S.; Navarrete, R.; Denoyel, R.; Albiniak, A.; Paredes, J. I.; Martínez-Alonso, A.; Tascón, J. M. D. Carbon Molecular sieve cloths prepared by chemical vapour deposition of methane for separation of gas mixtures. *Microporous and Mesoporous Materials*. 2005. **77**: 109-118.
- Huidobro, A.; Pastor, A.; Rodríguez Reinoso, F. Preparation of activated Carbon Cloth from Viscous Rayon. Part IV. Chemical Activation. *Carbon*. 2001. **39**: 389-398.
- Wu, M.; Zha, Q.; Qiu, J.; Guo, Y.; Shang, H.; Yuan, A. Preparation and Characterization of Porous Carbons from PAN Based Preoxidized Cloth by KOH Activation. *Carbon*. 2004. **42**: 205-210.
- Yoon, S. H.; Korai, Y.; Mochida, I. Carbon Fibres and Active Carbon Fibers. En: Rodríguez-Reinoso, F. (Ed.). *Sciences of Carbons Materials*. Alicante, Universidad de Alicante, 2000.
- Rodríguez, G. A.; Giraldo, L.; Moreno, J. C. Preparación y caracterización de telas de carbón activado. Influencia del material precursor de algodón. *Rev. Colomb. Quím.* 2007. **36**: 43-53.
- Gurudatt, K.; Tripathi, V. S. Studies on changes in morphology during carbonization and activation of pre-treated viscose rayon fabrics. *Carbon*. 1998. **36**: 1371-1376.
- Rodríguez-Reinoso, F. El carbón activado como adsorbente universal. En: *Sólidos porosos. Preparación, caracterización y aplicaciones*. Editor Académico Juan Carlos Moreno P. Bogotá, Editorial Uniandes, 2007.
- Kunquan, L.; Zheng, Z.; Jingwei, F.; Jibiao, Z.; Xingzhang, L. Adsorption of p-nitroaniline from aqueous solutions onto activated carbon fiber prepared from cotton stalk. *J. Hazard. Mater.* 2009. doi:10.1016/j.jhazmat.2008.12.035
- Boehm, H. P. Surface oxides on carbon and their analysis: a critical assessment. *Carbon*. 2001. **40**: 145-149.
- Stoeckli, F.; Centeno, T. A. On the characterization of microporous car-

- bons by immersion calorimetry alone. *Carbon*. 1997. **35**: 1097-1100.
13. Rodríguez, G. A.; Giraldo, L.; Moreno, J. C. Preparación de carbones activados a partir de materiales tejidos y caracterización estructural por adsorción y difracción de rayos X. *Rev. Colomb. Quím.* 2007. **36**: 259-269.
 14. Maciá Agulló, J.; Moore, B.; Cazorra-Amoros, D.; Linares-Solano, A. Activation of Coal Tar Pitch Carbon Fibres: Physical Activation vs. Chemical Activation. *Carbon*. 2004. **42**: 1367-1370.
 15. Babic, B. M.; Milonjic, S. K.; Polovina, M. J.; Kaludjerovic, B. V. Point of zero charge and intrinsic equilibrium constants of activated carbon cloth. *Carbon*. 1999. **37**: 477-481.
 16. Rodríguez, G. A.; Giraldo, L.; Moreno, J. C. Calorimetric study of the immersion enthalpies of activated carbon cloths in different solvents and aqueous solutions. *J. Therm. Anal. Cal.*, 2009. doi: 10.1007/s10973-007-8976-9.
 17. Daguerre, E.; Guillot, A.; Stoeckli, F. Activated carbons prepared from thermally and chemically treated petroleum and coal tar pitches. *Carbon*. 2001. **39**: 1279-1285.
 18. Moreno, J.C.; Giraldo, L. Determination of the Immersion Enthalpy of activated carbon by Microcalorimetry of the Heat Conduction. *Instrum. Sci. and Technol.*. 2000. **28**: 171-178.
 19. Cortés, J. C.; Giraldo, L.; García, A.; García, C.; Moreno J. C. Oxidación de un carbón activado comercial y caracterización del contenido de grupos ácidos superficiales. *Rev. Colomb. Quím.* 2008. **37**: 55-65.
 20. Giraldo, L.; Moreno, J. C. Calorimetric determination of activated carbons in aqueous solutions. *J. Therm. Anal. Cal.* doi: 101007/s10973-006-7524-3.



ACLARACIÓN DE COAUTORES

Francy L. Forero, Wilson Mejía, Blanca L. Ortiz, Cecilia Anzola, Adriana Umaña, Stella C. de Rodríguez, Myriam S. de Gómez. “EVALUACIÓN DEL EFECTO MODULADOR DEL FACTOR DE CRECIMIENTO SIMILAR A LA INSULINA TIPO I (IGF-I) EN LINFOCITOS T DE BAZO DE RATAS SOMETIDAS A ESTRÉS NUTRICIONAL”, *Revista Colombiana de Química*. 2008. **37**(3): 305 -324.