

## AROMA Y MARABÚ: DOS PRECURSORES INTERESANTES EN LA PRODUCCIÓN DE CARBONES ACTIVADOS PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL

P. J. Villegas Aguilar<sup>1</sup>; A. J. Pérez de Armas<sup>1</sup>; B. Bucki Wasserman<sup>2</sup>; A. Mollineda Trujillo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro Estudios de Energía y Tecnologías Ambientales (CEETA), Universidad Central de las Villas, Santa Clara, 54830, CUBA. Teléfono: (+53) 42 281194 – Fax (+53) 42 281608 – Email: [pjva@fim.uclv.edu.cu](mailto:pjva@fim.uclv.edu.cu)

<sup>2</sup>Grupo de Estudios sobre Energía (GESE), Unidad Académica Confluencia. Universidad Tecnológica Nacional. Plaza Huincal, 8318, Neuquén, ARGENTINA. Teléfono: (+54) 299 4963292 - Fax: (+54) 299 4960510 - Email: [buck@arnet.com.ar](mailto:buck@arnet.com.ar)

<sup>3</sup>Centro de Investigación Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, 54830, Cuba. Teléfono: (+53) 42 281520

### RESUMEN

En este trabajo, se estudia la factibilidad de la eliminación de los iones metálicos pesados Ni<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> y Pb<sup>2+</sup> mediante adsorción con carbones activados obtenidos por activación térmica de la Aroma y el Marabú con vapor de agua. Se estudió fundamentalmente la influencia de las condiciones de operación empleadas: temperatura (600-800°C) y tiempo (de 60 a 120 min.) sobre las propiedades de los diferentes carbones, haciendo énfasis en las indicadores del poder adsorbente: índices de azul de metileno y de yodo. También se determinaron los parámetros cinéticos de la adsorción en solución de cationes metálicos pesados estudiados de acuerdo con el Modelo Teórico de Langmuir. Finalmente, se obtuvo que tanto el precursor como el agente activante estudiado resultaron adecuados para la preparación de carbones activados con un elevadísima capacidad de adsorción; las mejores condiciones para preparar los adsorbentes deseados se correspondían con las del experimento 7 para el Marabú, concordantes con las del experimento 8 de la Aroma, productos que eliminan prácticamente el 100% de los iones Ni<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> y Pb<sup>2+</sup> presentes en solución acuosa.

**Palabras claves:** activación térmica, adsorción, metales pesados.

### I. INTRODUCCION

Los carbones activados son adsorbentes universalmente conocidos con un área superficial interna elevada. Si bien una de las principales aplicaciones de los carbones activados es en el tratamiento de agua, estos materiales no se utilizan expresamente o exclusivamente para remover metales pesados de aguas contaminadas, sin embargo, existen numerosos estudios básicos que demuestran la eficacia de los carbones activados en la retención de estos contaminantes de aguas contaminadas, aunque se hace necesario profundizar los estudios para entender mejor las interacciones que se dan entre los componentes de aguas contaminadas y la superficie de estos adsorbentes para optimizar su uso industrial (Arriagada y col., 2002).

Parte importante de los metales pesados presentes en aguas contaminadas son removidos por precipitación como hidróxidos insolubles, sales básicas o coprecipitado junto a carbonato de calcio o hidróxido férrico, en la etapa de tratamiento con cal, pero esta etapa de depuración no los elimina completamente. Una de las posibilidades de rebajar su concentración por debajo de los límites máximos permitidos es mediante su adsorción en carbón activado. Este proceso puede ser antecedido por un tratamiento con cloruro férrico para formar flóculos de hidróxido de hierro que adsorben efectivamente metales pesados. La adsorción en carbones activados se utiliza ampliamente en plantas de tratamiento de aguas para la eliminación de olores, sabores y para la separación de compuestos orgánicos pero además, como se ha señalado, en esta etapa se pueden separar metales pesados altamente tóxicos para la salud humana. (Rodríguez Reinoso y col., 2002)

En Cuba existen importantes extensiones de tierras agrícolas y de ganadería invadidas por los arbustos de Aroma y Marabú que constituyen una plaga. Su eliminación se realiza mediante corte mecánico del arbusto y la quema intensiva de los desechos impacta negativamente sobre el medio ambiente. Resulta en consecuencia de interés examinar la factibilidad de transformar la madera de estas especies en productos de utilidad. Las maderas de Aroma y Marabú utilizadas en este estudio se tomaron de árboles que crecen en la región central de Cuba.

### II. PARTE EXPERIMENTAL

#### II.1. MATERIALES

Los materiales empleados en la experiencia fue la madera obtenida del Marabú (*Leptoptilus Crumeniferus*) y la Aroma (*Acacia fornesiana*). Se trata de arbustos muy similares: espinosos, de rápido crecimiento y fácil propagación. Su tronco alcanza diámetros superiores a los 10 cm y hasta hasta 40 cm y su madera es semi-dura. Crece en la América tropical y México.

#### II.2. Análisis inmediato

El análisis inmediato caracteriza a las muestras en términos de sus contenidos de humedad, volátiles, carbono fijo y cenizas. Los resultados obtenidos varían según las condiciones empleadas en este análisis, temperaturas alcanzadas, velocidades de calentamiento. En este trabajo, se llevó a cabo el análisis inmediato del residuo virgen de la aroma y el Marabú y los carbones activados de este último, siguiendo las normas ASTM.

#### II.3. Análisis elemental

Se realizó el análisis elemental de las muestras, vírgenes y activadas del Marabú, a fin de determinar el contenido porcentual de los elementos carbono, hidrógeno, nitrógeno, azufre y oxígeno de las mismas. Los resultados del análisis elemental se informan libres de humedad y cenizas.

## II.4. Preparación de los carbones activados

Para la obtención de los carbones activados el material fue secado en estufa durante 24 horas a la temperatura de 120°C, molido y tamizado, hasta obtener una granulometría adecuada. Para obtener carbones activados por activación física fue necesario tomar una masa conocida de los precursores y se pirolizó a la temperatura de 500°C con un flujo de nitrógeno de 80 ml/min. El producto sólido de la pirólisis (char) se activa a diferentes temperaturas y tiempos de activación en un reactor de lecho fijo de acero inoxidable de 30 cm de longitud y 2.5 cm de diámetro, al cual se suministra vapor de agua a 2.6ml/min. a través de un tubo de 0.8 cm de diámetro del mismo material conectado a la parte inferior del reactor, los gases producto de la reacción se evacuan por la parte superior del reactor a través de un conducto de diámetro similar. Además para evaluar la influencia simultánea de las condiciones operacionales (temperatura y tiempo) y optimizar con ello el proceso estudiado se empleó un diseño de experimentos 3<sup>2</sup>, según la matriz que se presenta a continuación.

## II.5. Caracterización de los carbones activados

La valoración del poder adsorbente en solución se hizo mediante el índice de yodo, que se define como el número en miligramos de yodo absorbidos de una solución acuosa por 1 gramo de carbón activado cuando la concentración de yodo del filtrado residual es 0.02 y mediante la determinación de la superficie específica con el auxilio de un Sortómetro Micromeritics ASAP 2010, empleando el método de BET (Brunauer y col., 1938). Asimismo, se hizo la determinación de la densidad aparente midiendo el volumen empacado por caída libre al interior de una probeta graduada de 100 ml y pesando un volumen conocido en balanza analítica.

## II.6. Determinación de los parámetros cinéticos y termodinámicos del proceso de adsorción

Para la realización de estos ensayos fue necesario construir las curvas cinéticas de adsorción de los metales pesados bajo estudio, para ello se grafica la concentración adsorbida vs el tiempo. Para determinar la concentración adsorbida se empleó la expresión (1) que se presenta seguidamente, la concentración de equilibrio se tomó como la concentración de la solución luego de lograda la máxima adsorción posible en un tiempo determinado.

$$C_{ads} = \frac{(C_i - C_s)}{S * m} \quad (1)$$

donde:

C<sub>ads</sub>: es la concentración adsorbida expresada en mg/(l\*cm<sup>2</sup>);

C<sub>i</sub>: es la concentración inicial de la solución expresada en mg/l;

C<sub>s</sub>: es la concentración de la solución luego de sometida a la acción del adsorbente un tiempo, expresada en mg/l;

S: es la superficie específica del carbón expresada en cm<sup>2</sup>/g;

m: es la masa de carbón empleada en el estudio expresada en g.

Luego de construida la isoterma de adsorción se procedió a definir el modelo teórico mediante el cual se determinarían las magnitudes del proceso de adsorción de cada uno de los metales pesados de interés sobre los adsorbentes estudiados, para ellos se realizaron diferentes correlaciones hasta definir el modelo más adecuado y luego las magnitudes correspondientes al mismo.

## III. RESULTADOS Y DISCUSION

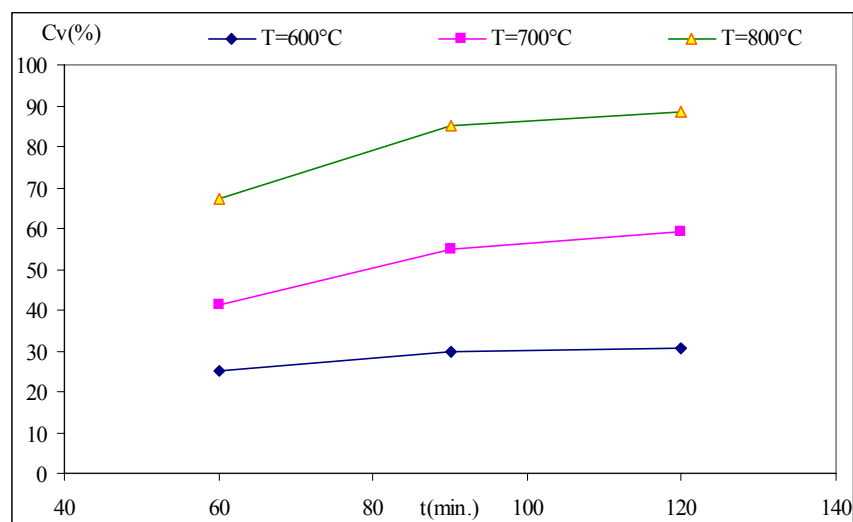
### III.1. Caracterización química

Los resultados de los valores promedio del análisis inmediato y elemental de los precursores y de los carbones activados obtenidos a partir del Marabú, así como los rendimientos, conversiones y densidades aparentes se presentan en la Tabla 1 a modo de ejemplo. Puede apreciarse que como tendencia la densidad aparente y el rendimiento disminuyen al aumentar el tiempo y la temperatura de carbonización. Asimismo, debe notarse que todos el precursores posee un elevado contenido de volátiles, que disminuye considerablemente como consecuencia de la activación y en especial al incrementar el tiempo y la temperatura. El contenido de cenizas del precursor virgen es bajo, lo que justifica su empleo para la producción de carbones activados, el cual se incrementa sensiblemente como consecuencia de la activación. Los resultados del análisis elemental se corresponden con los reportados por otros autores para productos preparados bajo condiciones similares.

Muestra	T <sub>act.</sub> (°C)	t <sub>act.</sub> (min.)	%Vv (lh)	%Cf (lh)	%A (lh)	%C (lhc)	%H (lhc)	%O* (lhc)	%N (lhc)	R (%)	Cv (%)	dap (g/ml)
Marabú	-	-	76.9	21.7	1.2	51.11	42.42	5.43	1.04	-	-	0.310
Char	500	60	31.2	60.2	4.3	77.68	19.04	2.84	0.44	27	73	0.269
Exp 1	600	60	27.01	68.9	4	80.16	16.86	2.60	0.38	75	25	0.251
Exp 2	600	120	28.1	67.3	3.8	79.52	17.43	2.66	0.40	70	30	0.234
Exp 3	600	180	27	70.7	2.2	80.17	16.85	2.60	0.38	69.5	30.5	0.22
Exp 4	700	60	26.6	67.8	5.5	80.40	16.65	2.57	0.38	58.6	41.4	0.196
Exp 5	700	120	17	74.3	8	86.10	11.63	2.02	0.25	45.1	54.9	0.164
Exp 6	700	180	14.5	77.4	7.4	87.59	10.32	1.87	0.22	40.9	59.02	0.124
Exp 7	800	60	13.2	78.7	7.5	88.37	9.64	1.80	0.20	32.6	67.4	0.151
Exp 8	800	120	12.8	78.8	7.8	88.60	9.43	1.77	0.19	14.9	85.1	0.178
Exp 9	800	180	11.7	79.8	7.9	89.26	8.85	1.71	0.18	12.8	88.3	0.120

**Tabla 1.** Análisis inmediato y elemental, rendimientos (R), conversión (Cv) y densidades aparentes (dap) de las muestras de Marabú y los carbones activados obtenidos mediante activación de este último con vapor de agua. (Vv: volátiles Cf: Carbono fijo; A: Cenizas; lh: libre de humedad. lhc: libre de humedad y cenizas. \* Determinado por diferencia

A partir de los resultados reportados en las Tablas 1 se obtuvo las dependencias entre la conversión y el tiempo a las diferentes temperaturas de activación, las cuales se ejemplifican en la Figura 1.



**Figura 1.** Dependencia entre la conversión y el tiempo a diferentes temperaturas durante la activación del Marabú con vapor de agua.

En la Figura 1 puede apreciarse que la conversión incrementa linealmente con el tiempo de activación y es mayor al aumentar la temperatura, nótese además, que el incremento es más pronunciado a la mayor temperatura dada la elevada velocidad a la que ocurre la reacción, no recomendándose la activación durante tiempos superiores a 120 min. a esta temperatura. El comportamiento obtenido en este caso se corresponde con lo reportado en la literatura para residuos y carbones activados semejantes y el mismo tiene una importancia decisiva en el desarrollo poroso de los adsorbentes (Heschel y Klose, 1995).

En la Tabla 2 que se presenta a continuación, se brindan los mejores resultados de los carbones activados preparados a partir de ambos precursores, debe notarse que a pesar de existir diferencias notables entre los materiales de partida, los carbones activados obtenidos, presentan una composición química similar, esto tiene una incidencia directa sobre el comportamiento de estos productos que se discutirá más adelante. La única diferencia que se nota es en los valores de rendimiento del proceso que son algo superiores en el caso de la aroma, lo que la hace más atractiva como materia prima en la obtención de carbones activados.

Muestra	T <sub>act.</sub> (°C)	t <sub>act.</sub> (min.)	%Vv (lh)	%Cf (lh)	%A (lh)	%C (lhc)	%H (lhc)	%O* (lhc)	%N (lhc)	R (%)	Cv (%)	dap (g/ml)
Marabú	-	-	76.9	21.7	1.2	51.11	42.42	5.43	1.04	-	-	0.310
Aroma	-	-	81.8	17	0.66	48.31	44.88	5.70	1.10	-	-	0.274
Exp. 7 Marabú	800	60	13.2	78.7	7.5	88.37	9.64	1.80	0.20	32.6	67.4	0.151
Exp. 8 Aroma	800	90	12.9	79.15	7.95	88.54	9.48	1.78	0.20	48.0	52.0	0.159

**Tabla 2.** Comparación entre las dos materias primas y los mejores carbones activados obtenidos a partir de ellas, mediante un diseño experimental 3<sup>2</sup>.

### III.2. Caracterización químico – física

Se ofrecen en la Tabla 3 los resultados de índices de yodo (I<sub>y</sub>), de azul de metileno (I<sub>a</sub>) y la superficie específica (S) correspondientes a los carbones activados obtenidos mediante activación térmica del Marabú con vapor de agua bajo diferentes condiciones.

Muestra	T <sub>act.</sub> (°C)	t <sub>act.</sub> (min)	I <sub>a</sub>	I <sub>y</sub>	S(m <sup>2</sup> /g)
Experimento 1	600	60	-	420	625
Experimento 2	600	90	-	481	722
Experimento 3	600	120	-	501	757
Experimento 4	700	60	3	592	918
Experimento 5	700	90	6	667	1041
Experimento 6	700	120	9	777	1206
Experimento 7	800	60	15	918	1460
Experimento 8	800	90	6	753	1170
Experimento 9	800	120	3	797	1236
Experimento 8 Aroma	800	90	18	1141	2393

**Tabla 3.** Índices de yodo, de azul de metileno y superficie específica correspondientes a los carbones activados obtenidos mediante activación térmica del Marabú bajo diferentes condiciones operacionales.

En los ensayos de eficiencia de la adsorción se observó que el producto preparado según el experimento 7 a partir del Marabú es capaz de decolorar 15 ml de solución standard de azul de metileno al 0.15%, en cambio los restantes del experimento logran decolorar por debajo de esta cantidad. Un estudio comparativo con el carbón obtenido a partir de la Aroma, arrojó que este decoloraba 18 ml., la ligera diferencia con los materiales presentados en este trabajo avala la calidad de los productos obtenidos.

El comportamiento de los índices de yodo y las superficies específicas calculadas a partir de éste, evidencia un crecimiento con la temperatura y el tiempo excepto a la temperatura más alta, lo cual puede deberse a que a esta temperatura las condiciones de tratamiento son muy drásticas. El carbón activado obtenido según el experimento 7 a partir del Marabú posee el mayor índice de yodo, lo cual implica que en éste se ha desarrollado un mayor número de microporos. Este valor es muy similar al reportado para carbones activados obtenidos a partir de otros precursores. Aquí si se nota una importante diferencia en cuanto al poder adsorbente de los carbones de Marabú con sus similares de la Aroma, presentando éste último valores muy superiores.

### III.3. Determinación de las magnitudes que caracterizan los procesos de adsorción estudiados

Para evaluar comparativamente la capacidad de remoción de impurezas metálicas en solución acuosa se determinaron las curvas cinéticas de adsorción de  $Ni^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  y  $Cd^{2+}$  sobre carbones activados obtenidos a partir de ambos precursores, ejemplificándose para el caso del Marabú, las cuales se presentan en las Figuras 1 a 3 que se muestran a continuación.

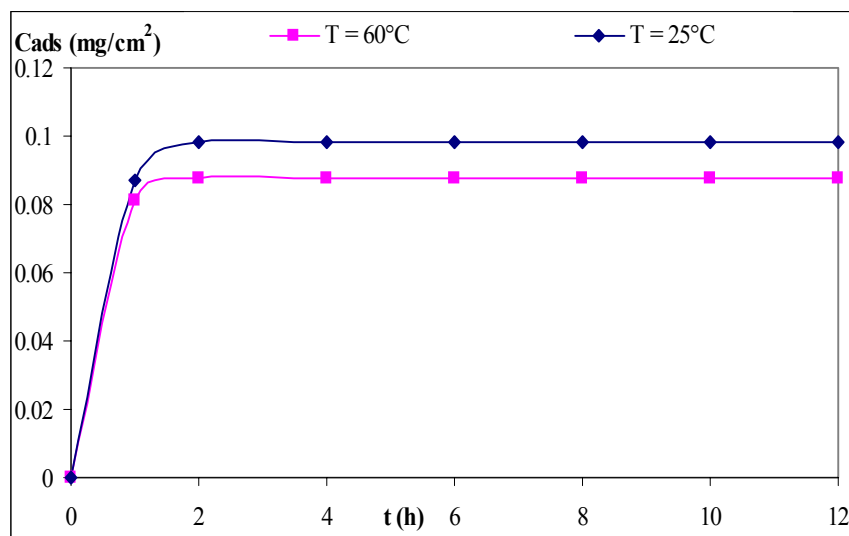


Figura 1. Curvas cinéticas de adsorción de  $Ni^{2+}$  sobre carbones activados obtenidos mediante activación térmica del Marabú.

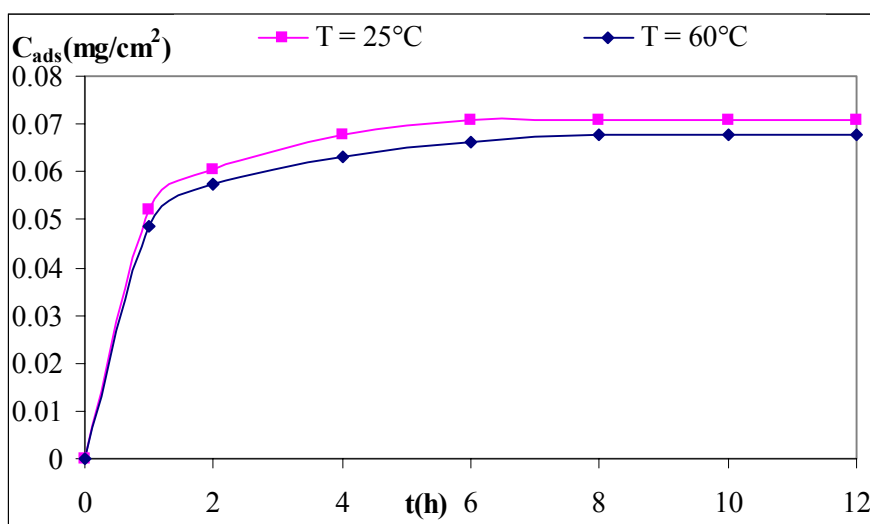
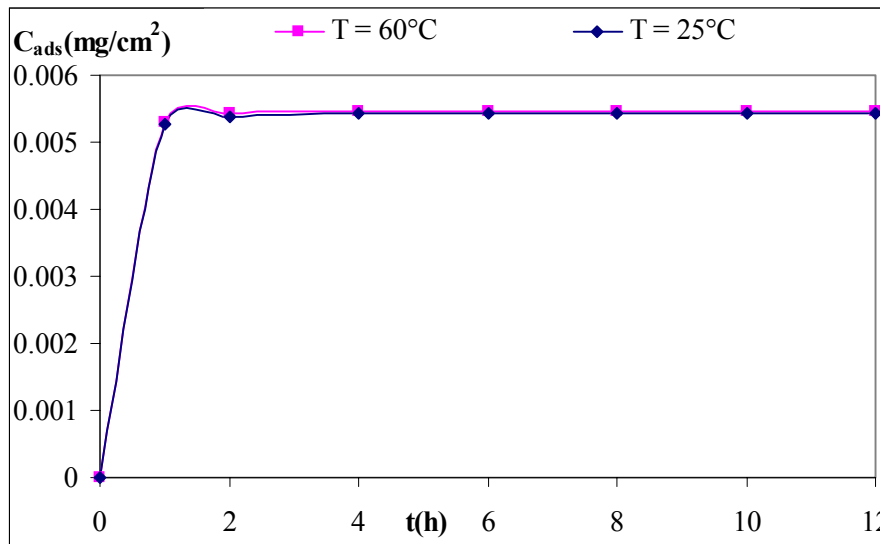


Figura 2. Curvas cinéticas de adsorción de  $Pb^{2+}$  sobre carbones activados obtenidos mediante activación térmica del Marabú.



**Figura 3.** Curvas cinéticas de adsorción de Cd<sup>2+</sup> sobre carbones activados obtenidos mediante activación térmica del Marabú.

Debe notarse en las Figuras 1 a 3 que las curvas presentan una igual forma, lo que indica que todos los procesos de adsorción se comportan de manera similar en los procesos de adsorción estudiados, asimismo debe observarse que la adsorción máxima decrece en el orden Ni<sup>2+</sup> y Pb<sup>2+</sup> y Cd<sup>2+</sup> lo que indica una mayor selectividad del carbón estudiado por los iones níquel. Aunque en todos los casos se logró la adsorción del 100% de los iones disueltos.

A partir de estas curvas se determinan los parámetros cinéticos que caracterizan los procesos de adsorción de cada uno de los iones metálicos estudiados sobre los dos adsorbentes de interés a modo de asociar estos procesos con los modelos teóricos más sencillos que comúnmente se emplean en estos estudios, siendo estos los modelos de Langmuir y Freundlich.

Primero que todo se determinan algunos parámetros útiles a modo de definir el modelo al cual se ajustan las isotermas estudiadas, en este sentido se construyen los gráficos de Cs/qa vs Cs, donde: Cs es la concentración del soluto estudiado que quedó en la solución luego de sometido a la acción del adsorbente un determinado tiempo, y qa un parámetro que expresa la relación de la concentración de soluto adsorbida durante un determinado tiempo de contacto con el adsorbente por cada g/l de adsorbente. Este comportamiento permite determinar si las isotermas estudiadas se adecuan al modelo del Langmuir, corroborándose en la práctica que el modelo de Langmuir representa adecuadamente los datos experimentales obtenidos con un elevado coeficiente de correlación que supera en todos los casos el 0.95, especialmente para la adsorción de níquel, donde este valor es casi de 1. Asimismo, se construyeron los gráficos logarítmicos de ln qa vs ln Cs, a modo de corroborar si el modelo de Freundlich se adaptaba a los datos experimentales estudiados, no obteniéndose una buena correlación, por lo que se desecha este modelo (Villegas Aguilar y col., 2003).

Luego de definido que el modelo matemático a emplear es el de Langmuir, se procedió a determinar las magnitudes correspondientes al mismo, en este sentido se define la capacidad de adsorción en solución (Q<sub>a</sub>) de acuerdo con la expresión siguiente:

$$Q_a = \frac{(C_0 - C_a) * V}{m * 1000} \quad (2)$$

donde:

- Q<sub>a</sub>: es la capacidad de adsorción estática (mg/g);
- C<sub>0</sub>: es la concentración inicial del ión estudiado en solución (mg/l);
- C<sub>a</sub>: es la concentración en equilibrio (mg/l);
- V: es el volumen de solución (l);
- m: es la masa de adsorbente empleada en el experimento (g).

El valor de Q<sub>a</sub> también suele determinarse según la expresión siguiente:

$$Q_a = \frac{Q * K * C_a}{1 + K C_a} \quad (3)$$

donde:

- Q<sub>a</sub>: es la capacidad de adsorción estática (mg/g);
- C<sub>a</sub>: es la concentración en equilibrio (mg/l);
- K: es una Constante (l/mg);
- Q: es el peso del adsorbato sobre la monocapa (g de soluto/g de adsorbente (g<sub>s</sub>/g<sub>a</sub>)).

La expresión III.6 suele transformarse para obtener la expresión que se presenta a continuación:

$$\frac{C_a}{Q_a} = \frac{1}{Q * K} + \frac{C_a}{Q} \quad (4)$$

A partir de la expresión (4) pueden determinarse los valores de Q y K que caracterizan los procesos de adsorción en solución estudiados, si se grafica C<sub>a</sub>/Q<sub>a</sub> vs C<sub>a</sub>, obteniéndose una recta cuya pendiente se corresponde con el valor de 1/Q y el intercepto

$1/(Q \cdot K)$ . Otro parámetro que comúnmente se determina para este tipo de modelo es el factor de separación de Langmuir ( $f_s$ ), que puede determinarse a partir de la ecuación que se indica a continuación:

$$f_s = \frac{1}{1 + Q C_0} \quad (5)$$

En la Tabla 4 se presentan los valores de Q, K y r para cada uno de los iones y adsorbentes estudiados.

Parámetro cinético	Carbón activado de Aroma			Carbón activado de Marabú		
	Ads. Ni <sup>2+</sup>	Ads. Pb <sup>2+</sup>	Ads. Cd <sup>2+</sup>	Ads. Ni <sup>2+</sup>	Ads. Pb <sup>2+</sup>	Ads. Cd <sup>2+</sup>
Q (g <sub>s</sub> /g <sub>a</sub> )	0.00692	0.00431	0.00427	0.00656	0.00657	0.00427
K (l/mg)	-68813.65	-2.693	-285119.6	-437.39	-3.992	-439.5
f <sub>s</sub>	0.872	0.918	0.994	0.878	0.881	0.994

**Tabla 4.** Parámetros cinéticos de la adsorción en solución de cationes metálicos pesados (Ni<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup> y Cd<sup>2+</sup>) sobre carbones activados obtenidos mediante activación térmica con vapor de agua de la Aroma y el Marabú a 25°C.

Los valores reportados en la Tabla anterior tienen total coincidencia con los reportados por Villegas Aguilar y col., (2003 a y b), lo que indica la validez de los resultados determinados. El modelo de adsorción localizada sin interacciones laterales conlleva a una superficie energéticamente homogénea. En esta superficie se tienen N sitios de adsorción fijos donde se puede acomodar en un adsorbido, existiendo N<sub>a</sub> iones adsorbidos y N- N<sub>a</sub> sitios libres.

#### IV. CONCLUSIONES

1. Se demostró que los adsorbentes estudiados presentan excelentes propiedades depuradoras de aguas contaminadas con metales pesados indeseables.
2. La capacidad de adsorción de un adsorbente no es magnitud definitoria en su selectividad por la eliminación de un determinado contaminante.
3. Los resultados experimentales de equilibrio de la curva cinética del sistema ión metálico-carbón a las diferentes concentraciones estudiadas se ajustan de manera satisfactoria al modelo de Langmuir, demostrando características favorables como adsorbente.
4. Los menores valores del peso de adsorbato sobre la monocapa (Q) obtenidos durante la adsorción de Cadmio y Plomo (II) sobre los carbones activados de aroma estudiados indican que en este proceso las interacciones adsorbato-adsorbente, son mayores que las adsorbente-adsorbente por lo que la adsorción se ve más favorecida, contrario a lo que se obtiene en la adsorción de níquel (II), donde los valores de Q son superiores. En el caso de la adsorción sobre los carbones de Marabú, no existen diferencias entre el Ni y el Plomo (II) en cambio para la adsorción de Cadmio, se mantiene la tendencia anteriormente notada.
5. Los carbones activados de Aroma y Marabú tienen un comportamiento similar en los procesos de adsorción en solución, independientemente de que la superficie específica de los primeros es casi el doble, lo que indica que no existen diferencias significativas entre ambos productos, apoyada esta afirmación en la similar composición química de ambos productos.

#### V. REFERENCIAS

1. Arriagada, R.; García, R.; Cid, R.. Retención de Hg (II) y Cr (VI) en carbones activados de origen lignocelulósico". *Informe de Investigaciones*. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Concepción . Chile, **2002**.
2. Brunauer S.; Deming, L. S.; Deming, W. S.; Teller, E. *Journal of American Chemical Society*, 62, 1723-1752, **1938**.
3. Bansal, R. C.; Donnet, J. B.; Stoeckli, F. *Active Carbon*, Ed. Marcel Decker, New York, **1988**.
4. Heschel W.; Klose, E. "On the Suitability of Agricultural By-product for the Manufacture of Granular Activated Carbon". *Fuel*, 74, 12, 1787-1791, **1995**.
5. Rodríguez-Reinoso, F., Molina Sabio, M. El carbón activado en procesos de descontaminación". Departamento de Química Inorgánica. Universidad de Alicante. España, **2002**
6. Villegas Aguilar, P. J.; Prieto García, J. O.; Pérez de Armas, A. J.; Bucki Wasserman, B.; Mollineda Trujillo, A. "Eliminación de metales pesados con carbones activados obtenidos mediante activación con vapor de agua del Marabú (*Leptoptilus Crumeniferus*)". *Revista Argentina Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 7, **2003**.
7. Villegas Aguilar, P. J.; Prieto García, J. O.; Meneses Plasencia, Y.; Mollineda Trujillo, A.; Bucki Wasserman, B. "Tratamiento de una simulación de aguas contaminadas con carbones activados obtenidos a partir de precursores renovables". *Revista Argentina Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 7, **2003**.

#### ABSTRACT

In this work, the feasibility of the elimination of heavy metallic ions Ni<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> and Pb<sup>2+</sup> is studied by adsorption with activated carbon obtained by "physical" activation of Aroma and Marabu with steam water. The influence of the operation conditions used: temperature (from 600 to 800°C) and time (from 60 to 120 min.) on the properties of the different carbons was studied, making emphasis in those that are indicative of the adsorbent power: methylene blue and iodine indexes. The kinetic parameters of adsorption in solution of studied heavy metallic cations according to theoretical model of Langmuir were also determined. Finally, it was obtained that the precursor such as the activating agent studied were appropriate for the preparation of activated carbons with a very high adsorption capacity; the best conditions to prepare the adsorbent belonged with those of the experiment 7 for Marabú and 8 for Aroma, product that remove practically 100% of Ni<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> and Pb<sup>2+</sup> ions present in watery solution.

**Keywords:** thermal activation, adsorption, heavy metals.