

ELIMINACIÓN DE IONES NI (II), CU (II) Y ZN (II) CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR.

Julio Omar Prieto García¹, Pedro Julio Villegas Aguilar¹, Bernardo Bucki Wasserman², Yaset Rodríguez¹

¹Departamento de Licenciatura en Química. Facultad de Química-Farmacia. Universidad Central de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5½, Santa Clara, 54830, CUBA.

Teléfono: 53 42 211825-Email: pjva@uclv.edu.cu

²Grupo de Estudios sobre Energía (GESE), Unidad Académica Confluencia. UTN. Plaza Huincul, 8318, Neuquén, ARGENTINA. Teléfono: 54 299 4963292 - Email: ingbucki@speedv.com.ar

RESUMEN

La ceniza de bagazo de caña de azúcar es el producto sólido resultante de la combustión del mismo en los generadores de vapor de la industria azucarera. Este material presenta características adsorptivas adecuadas que permiten su uso como adsorbente de iones metálicos pesados. Este trabajo se realizó la caracterización químico-física del adsorbente y se evaluó su empleo como eliminador de algunos iones metálicos pesados: Níquel (II), Cobre (II) y Zinc (II). Se realizó un estudio cinético para evaluar el comportamiento del adsorbente en el tiempo y un estudio termodinámico para establecer los parámetros del proceso, seleccionándose el modelo teórico adecuado para describir la adsorción de los iones metálicos de interés. La determinación de las concentraciones de los iones se realizó mediante espectrometría de absorción atómica. El ión Cu (II) fue el que se adsorbió en mayor proporción lo cual debe tener relación con la estructura distorsionada del compuesto de coordinación en solución acuosa.

Palabras clave: adsorción, cenizas, iones metálicos pesados

INTRODUCCIÓN

El vertimiento de grandes volúmenes de residuos líquidos, representa en la actualidad unos de los principales problemas de contaminación ambiental. En este contexto, los residuales de la industria químico-minero-metalúrgica, constituyen un caso particular, siendo con mayor frecuencia y concentración, donde se encuentran presentes elementos químicos tóxicos que contaminan seriamente el medio, particularmente el acuático y terrestre. Entre estos elementos están los metales pesados, los que pueden incorporarse al organismo humano a través de diferentes sustancias, entre ellas los alimentos y el agua, donde se encuentran de forma natural y como consecuencia de contaminaciones de distintos orígenes, los cuales se acumulan y pueden persistir largos periodos de tiempo. Cuando su concentración excede ciertos límites resultan perjudiciales para el hombre y toda su cadena alimenticia (Goyer, 1986; Moreno y col, 2006).

En la actualidad se han realizado muchos trabajos dedicados a establecer procedimientos o alternativas, para resolver el problema de la contaminación por medio de los metales pesados en los residuos líquidos. De modo general el procedimiento empleado a este fin ha sido la precipitación del metal, con la cual se logra disminuir considerablemente su concentración en disolución (CYTED, 2005). Sin embargo, en la mayor parte de los casos, no permite disminuir el contenido del metal a niveles permisibles de vertimiento. Además, generalmente este tratamiento trae aparejado la generación de nuevos contaminantes (Wastewater Eng., 1991). En este sentido, el uso de intercambiadores iónicos constituye una importante alternativa en la solución de este problema, pues permiten remover estos cationes hasta niveles aceptables para su devolución al medio. Enmarcado en estos antecedentes este trabajo se traza como objetivo estudiar químico-físicamente de manera preliminar la adsorción de algunos iones metálicos pesados empleando como adsorbente un residual de la industria azucarera que actualmente no tiene utilidad alguna.

PARTE EXPERIMENTAL

Para realizar el estudio se prepararon sales (cloruros) de Cu (II), Ni (II) y Zn (II) a pH neutro.

Para la realización de los ensayos fue necesario determinar la concentración adsorbida en el tiempo. Para ello 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_{ads} : es la concentración adsorbida expresada en mg/(lcm²);
 C_i : es la concentración inicial de la solución expresada en mg/l;
 C_s : es la concentración en el equilibrio, expresada en mg/l;
 S : es la superficie específica del adsorbente expresada en cm²/g;
 m : es la masa de adsorbente empleada en el estudio expresada en g.

Los datos experimentales de la adsorción se ajustaron usando los modelos teóricos de las isotermas de Langmuir y Freundlich (Hiemenz, 1986), que se representan matemáticamente como:

$$\text{Modelo de Langmuir: } Q_a = \frac{Q K C_s}{1 + K C_s} \quad (2)$$

$$\text{Modelo de Freundlich: } Q_a = k C_s^{1/n} \quad (3)$$

donde: Q_a : es la capacidad de adsorción estática (mg/g);

C_s : es la concentración en el equilibrio (mg/l);
 K, k y n: son constantes específicas;
 Q: es el peso del adsorbato sobre la monocapa (g de soluto/g de adsorbente (g_s/g_a)).

Metodología del estudio cinético

Para este estudio se prepararon disoluciones de 200 mililitros de Cu (II), Ni (II) y Zn (II) de concentraciones conocidas las que se determinaron a través de espectrometría de absorción atómica (EAA), luego se pusieron en contacto con un gramo de adsorbente (ceniza de bagazo de caña de azúcar), durante 14 horas. Las muestras se tomaron de la siguiente manera: en la primera hora se tomaron alícuotas de un mililitro cada 20 minutos, después cada una hora y a partir de las cuatro horas las muestras se extrajeron cada dos horas. El estudio de la variación de las concentraciones en el tiempo se hizo a las temperaturas de 25 y 50°C.

Metodología del estudio termodinámico

Para la realización del estudio termodinámico se prepararon cinco soluciones de diferentes concentraciones de 40 mililitros de los iones estudiados, las que se determinaron mediante EAA. Estas se pusieron en contacto con un gramo del adsorbente evaluado, durante 14 horas a las temperaturas de 25 y 50°C. Posteriormente se filtró el contenido de los matraces y se determinó la concentración de equilibrio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio cinético

En las Tablas 1-3 que se presentan seguidamente se muestran los resultados del estudio cinético durante la adsorción de los iones analizados.

Cobre	25°C	50°C	25°C	50°C
tiempo(h)	$C_s(\text{Cu})$ ppm	$C_s(\text{Cu})$ ppm	$Q_a(\text{mgCu/gceniza})$	$Q_a(\text{mgCu/gceniza})$
0.00	152.00	152.00	0.00	0.00
0.33	125.00	141.30	5.40	2.14
0.66	114.38	127.81	7.52	4.84
1.00	105.78	116.53	9.24	7.09
2.00	86.96	97.50	13.01	10.90
3.00	71.00	83.74	16.20	13.65
4.00	57.93	72.98	18.81	15.80
6.00	42.89	53.50	21.82	19.70
8.00	36.00	47.20	23.20	20.96
10.00	29.98	42.88	24.40	21.82
12.00	28.00	40.65	24.80	22.27
14.00	28.00	40.00	24.80	22.40
		Q_a total	24.80	22.40

Tabla 1. Resultados del estudio cinético durante la adsorción de iones Cu^{2+} sobre ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Níquel	25°C	50°C	25°C	50°C
tiempo(h)	$C_s(\text{Ni})$ ppm	$C_s(\text{Ni})$ ppm	$Q_a(\text{mgNi/gceniza})$	$Q_a(\text{mgNi/gceniza})$
0.00	104.4	104.4	0.00	0.00
0.33	95.2	97.2	1.84	1.44
0.66	89	93	3.08	2.28
1.20	84.06	88.6	4.07	3.16
2.00	73.89	80.5	6.10	4.78
3.00	67.28	73.89	7.42	6.10
4.00	61.69	69.31	8.542	7.02
6.00	53.55	61.69	10.17	8.54
8.00	49.48	56.6	10.98	9.56
10.00	45.92	53.55	11.70	10.17
12.00	41.85	51.01	12.51	10.68
14.00	38.8	48.47	13.12	11.19
		Q_a total	13.12	11.19

Tabla 2. Resultados del estudio cinético durante la adsorción de iones Ni^{2+} sobre ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Zinc	25°C	50°C	25°C	50°C
tiempo(h)	C _s (Zn)ppm	C _s (Zn)ppm	Q _a (mgZn/gceniza)	Q _a (mgZn/gceniza)
0.00	75.00	75.00	0.00	0.00
0.33	67.16	70.50	1.57	0.90
0.66	63.22	67.96	2.36	1.41
1.00	59.33	64.02	3.13	2.20
2.00	53.04	58.26	4.39	3.35
3.00	47.55	52.29	5.49	4.54
4.00	43.02	48.72	6.40	5.26
6.00	38.54	44.03	7.29	6.19
8.00	35.4	40.89	7.92	6.82
10.00	34.00	38.54	8.20	7.29
12.00	33.00	37.00	8.40	7.60
14.00	32.00	36.60	8.60	7.68
		Q_a total	8.60	7.68

Tabla 3. Resultados del estudio cinético durante la adsorción de iones Zn²⁺ sobre ceniza de bagazo de caña de azúcar.

El estudio cinético realizado demuestra que al aumentar la temperatura disminuye la adsorción de los iones en estudio. Es apreciable la adsorción de iones Cu (II) con respecto al Zn (II) y al Ni (II), que debe responder a la estructura del ión complejo [Cu (H₂O)₆]²⁺ dado por el efecto Jahn-Teller, presentando una esfera de coordinación distorsionada que permite una mayor adsorción (Pérez Marín, 1996).

En la Figura 1 que se presenta seguidamente se presentan las curvas cinéticas de adsorción comparativas de los tres iones estudiados sobre el mismo adsorbente.

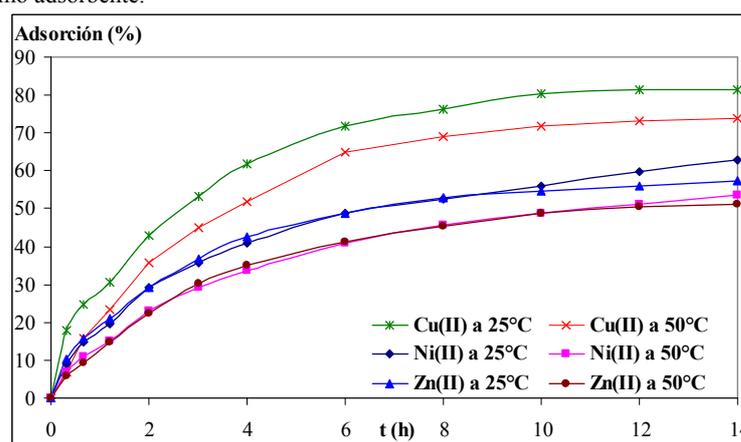


Figura 1 curvas cinéticas de adsorción de algunos iones metálicos sobre ceniza de bagazo de caña de azúcar a 25 y 50°C.

Como puede apreciarse en la Figura 1, las curvas cinéticas de adsorción poseen una forma similar, lo que indica que los procesos transcurren de manera semejante. Estas isotermas permiten corroborar los resultados precedentes, de manera que los iones Cu²⁺ son adsorbidos en mayor medida que los dos restantes, lo que indica una mayor selectividad del adsorbente por los mismos, proceso que ocurre en mayor medida a la temperatura más baja. Los procesos adsorptivos de los iones Ni²⁺ y Zn²⁺ prácticamente presentan el mismo comportamiento, lo que indica una semejante adsorción de ambos iones, con la diferencia que las concentraciones adsorbidas del ión Ni²⁺ son superiores.

Estudio termodinámico

El estudio termodinámico posibilitó evaluar entre los modelos teóricos disponibles en la literatura, cuál se adecuaba mejor a los datos experimentales obtenidos en este trabajo, el resumen de este estudio se presenta en la Tabla 4.

Ión	T (°C)	Modelo	% de Desviación
Cu (II).	25	Freundlich	0.6279
	50	Freundlich	1.0758
Ni(II)	25	Freundlich	2.1664
	50	Freundlich	3.3279
Zn(II)	25	Freundlich	1.9838
	50	Freundlich	1.0277

Tabla 3. Estudio termodinámico de la adsorción de algunos iones metálicos sobre ceniza de bagazo de caña de azúcar.

El estudio termodinámico permitió establecer que el modelo teórico que más se adecuaba a los resultados experimentales obtenidos era el de Freundlich, el cual asume una distribución exponencial de sitios activos, siendo válido cuando no existen interacciones fuertes entre los iones de la solución y el adsorbente, este resultado concuerda con estudios similares reportados en la literatura (Álvarez, 2003; Leyva y col., 2004; Rupp, 1996).

CONCLUSIONES

La ceniza de bagazo de caña de azúcar resultó ser un adsorbente potencial de iones Cu (II), Ni (II) y Zn (II), mostrando un orden de preferencia por los iones Cu (II) > Ni (II) > Zn (II). Este proceso requiere aproximadamente de 14 horas, en las condiciones de concentración, temperaturas, condiciones de pH y agitación empleadas.

Es posible establecer la isoterma clásica de Freundlich para describir el proceso adsorptivo evaluado dado los bajos valores de desviación hallados.

REFERENCIAS

- Álvarez-Benedí, J.; Bolado Rodríguez, S.; Cancillo Carro, I.; Calvo Revuelta, C. (2003) Dinámica de adsorción – desorción de arsénico (V) en suelos de cultivo en Castilla y León. *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol. VI*. Ed. J. Álvarez-Benedí y P. Marinero. España, 331-338.
- CYTED. (2005) Agencia Iberoamericana de cooperación para el desarrollo. “Descontaminación ambiental mediante adsorbentes”. *Libro contenedor de una compilación de trabajos de de la Red Temática V. F.: Red Iberoamericana de Adsorbentes para la Protección Ambiental*. Editado por Francisco Rodríguez Reinoso (ISBN: 84 – 96023 – 37 - 0).
- Goyer, R. A. (1986) Toxic effects of metals. In Casarett and Doull's Toxicology: The basis science of poisons. C. D. Klaasent; M. O. Amdur and J. Doull (Eds), Mac Millan. London, 582-635.
- Hiemenz, P. C. (1986) Principles of Colloid and Surface Chemistry. 2nd Ed. Marcel Dekker Inc.
- Leyva Ramos, R.; Díaz Flores, P. E.; Guerrero Coronado, R. M.; Mendoza Barrón, J.; Aragón Piña, A. (2004) Adsorción de Cd (II) en solución acuosa sobre diferentes tipos de fibras de carbón activado. *Revista de la Sociedad Química de México*, 48, 196-202
- Moreno, H. A.; Droppelmann, C. V.; Verdejo, M. E. (2006) Evaluación de carbón activado producido a partir de lodo generado en una planta de tratamiento de aguas servidas. *Información Tecnológica*, 17, 3, 9-14
- Pérez Marín, J. (1996) Química Inorgánica de los compuestos complejos. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, 71-72.
- Rupp, M. T. C. (1996) *Tesis Doctoral*. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil
- Wastewater Engineering (1991). Metcalf & Eddy; Third Edition, 317

ELIMINATION OF IONS NI (II), CU (II) Y ZN (II) WITH SUCAR CANE MILL ASH.

ABSTRACT

The sugar cane mill ash is the solid product resulting from the combustion of the same one in the steam generator of sugar cane industry. This material has appropriate adsorptive characteristics that allow its use as adsorbent of heavy metallic ions. In this work, the physico-chemical characterization of the adsorbent was done and the use as remover of some heavy metallic ions: nickel (II), copper (II) and zinc (II) was studied. A kinetic study to evaluate the adsorbent behavior during the time and thermodynamic one to establish the parameters of the process was carried out, selecting the appropriate theoretical model to describe the adsorption of the metallic ions evaluated. The determination of the ions concentration was carried out by atomic absorption spectrometry. The Cu (II) ion was the more adsorbing which maybe have relationship with the distorted structure of the coordination compound in watery solution.

Keywords: adsorption, ash, heavy metallic ions