

REMOCIÓN DE CROMO DE AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRES UTILIZANDO CENIZA VOLANTE

Edison Gil Pavas
Carlos Saldarriaga Molina*

RESUMEN

Se presenta un método simple y económico para la remoción de cromo de aguas residuales de la industria de curtiembres utilizando ceniza volante. La operación de remoción de cromo se lleva a cabo en forma discontinua utilizando como variables la masa de ceniza volante, el tiempo de contacto y la temperatura o el pH, las cuales se optimizan mediante un diseño de experimentos, de Box-Wilson. Los resultados fueron exitosos y pudo pasarse de una concentración inicial de cromo de 1850 ppm a concentraciones finales de 0.008 ppm y 0.5 ppm para Cr^{+3} y Cr^{+6} , respectivamente, cumpliendo con las exigencias gubernamentales sobre este tipo de desechos.

ABSTRACT

A simple and economic procedure is presented for chromium removal from tannery waste waters utilizing flying ash. The method is batch-wise and uses the mass of flying ash, time of contact and temperature or pH as variables, which are optimized through a Box-Wilson type experimental design. The results were successful and from an initial chromium concentration of 1850 ppm in the real waste liquor, final concentrations of 0.008 ppm and 0.5 ppm for Cr^{+3} and Cr^{+6} were achieved, values within accepted limits of government regulations.

Keywords: flying ash, tannery waste waters, chromium, zeolites.

INTRODUCCIÓN

La disposición de residuos sólidos es uno de los mayores problemas que enfrentan los países industrializados. Cientos de miles de toneladas de residuos sólidos se generan anualmente como resultado de la manufactura de diferentes bienes y servicios. Las cenizas volantes pertenecen a este género de contaminantes sólidos, los cuales

constituyen un subproducto de los hornos de combustión del carbón. Actualmente se está utilizando una parte para producir cemento y asfalto y la otra como material de relleno. Sin embargo, estudios recientes hablan sobre las características y virtudes que presentan este tipo de materiales, como adsorbentes e intercambiadores iónicos, a partir de los cuales se pueden sintetizar zeolitas, y emplearlas para

* Profesores Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Antioquia.

la remoción de metales potencialmente tóxicos, como el cromo (2)(3)(4).

Por otro lado, las curtiembres son reconocidas mundialmente entre las industrias más contaminantes, debido a que la gran mayoría de ellas utiliza métodos y procedimientos rudimentarios en su operación, propiciando de esta forma un deterioro en el medio ambiente. Se utilizan sales de cromo en el proceso de curtiembre, ya que éstas proporcionan mejores características al cuero, más resistencia, mayor durabilidad y además evita la putrefacción con el agua. No obstante, el cromo es un metal altamente peligroso, el cual tiene efectos nocivos para la salud y el medio ecosistema. En los seres humanos puede producir fibrosis pulmonar y fibrosis hepática, debido a que este metal se acumula en las células; también produce problemas en la piel y daños irreparables en la sensibilidad por atrofia del sistema nervioso periférico, entre otros.

En el presente estudio se utiliza una ceniza volante original y otra tratada químicamente para la remoción de cromo con resultados excelentes. Se determina la capacidad y la isoterma de adsorción de la ceniza volante original y se programan las diferentes corridas recurriendo a un diseño de experimentos de Box-Wilson (5).

MATERIALES Y MÉTODOS

La ceniza volante utilizada en este estudio es un subproducto de los hornos de combustión de la empresa de textiles Fabricato de Medellín. Los principales constituyentes inorgánicos de las cenizas volantes, además de material carbonáceo, son aluminosilicatos, mullita, hematita, cuarzo y algunos óxidos que se encuentran en proporciones menores.

El análisis de difracción de rayos X se utilizó para caracterizar la ceniza volante y, además, para observar los cambios que sufre el material al ser tratado químicamente y al ser expuesto al proceso de remoción de cromo. Éste se llevó a cabo en un difractómetro marca Rigaku, tipo Miniflex,

mediante radiación de cobre (CuK α) a 40 kV y 30 mA y un barrido de 2°/minuto. La Figura 1 muestra el análisis de difracción de rayos X de la ceniza original, donde se evidencia la cristalinidad del material y se observa la presencia de cuarzo (Q) y mullita (M). En la parte inferior de la figura se muestra el patrón de difracción del material tratado, donde se advierten cambios de fase y aparece una mezcla de las zeolitas sodalita (S) y aparentemente cancrinita (C).

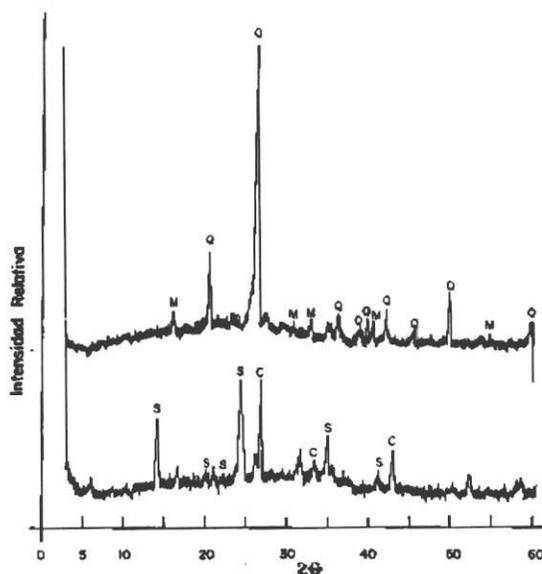


Figura 1. Difractogramas de rayos X de las cenizas volantes: original (arriba), tratada (abajo)

Lo que en este trabajo se denomina “ceniza volante tratada” se preparó pesando 20 gramos de ceniza volante original y adicionándolos a 100 mililitros de solución de NaOH 3.5 molar; la mezcla se agitó durante media hora, se selló en un recipiente de acero inoxidable con recubrimiento interno de teflón y se calentó a 100 °C, a presión autógena, durante 24 horas. El sólido se filtró y se lavó con agua desionizada y finalmente se secó a una temperatura de 50 °C.

La solución de cromo utilizada fue el licor residual proveniente de una curtiembre, el cual presentaba una concentración inicial de 1850 ppm. Los análisis químicos se realizaron por colorimetría,

en un Spectronic 20, Bausch & Lomb, empleando el método recomendado en el Standard Methods (6), y por absorción atómica, obteniéndose los mismos resultados.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La operación de remoción de cromo se llevó a cabo de manera discontinua, con la ceniza volante original y la tratada, utilizando un vaso de precipitados de 100 ml, el cual contenía 50 ml del licor real de cromo a tratar y la ceniza volante (10-20 gramos). El sistema se dejó bajo agitación durante un tiempo determinado (30-60 minutos), en un rango de temperaturas entre 25 y 50°C, luego de lo cual se filtró y, a la solución filtrada, se le determinó la concentración de cromo. Utilizando los anteriores límites, se programaron 15 experimentos, los cuales no dieron resultados satisfactorios, ya que no permitieron observar claramente la dependencia entre la variable respuesta (concentración de cromo) y las variables independientes (tiempo, temperatura y masa de ceniza volante). En consecuencia, se realizaron

otras series de corridas buscando aclarar dicha dependencia.

RESULTADOS EXPERIMENTALES Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La Figura 2 ilustra los resultados obtenidos en el proceso de remoción de cromo. En ella se ofrece una vista del rango completo de concentraciones estudiadas y un detalle ampliado de las cifras más bajas alcanzadas. La curva A indica que el mejor valor (11.5 ppm) se obtiene con un tiempo de agitación de 150 minutos; sin embargo, la cifra se encuentra por fuera del límite máximo permisible. Por otra parte, la curva B muestra cambios sustanciales: se incrementó la temperatura a 45°C y, con un tiempo de agitación de 54 minutos, se logró el mejor resultado (0.008 ppm de cromo); esto sugiere que el proceso es significativamente endotérmico.

En las curvas C y D, de la Figura 2, las cuales hacen referencia a la ceniza tratada, se observa cómo la remoción mejora notablemente; los

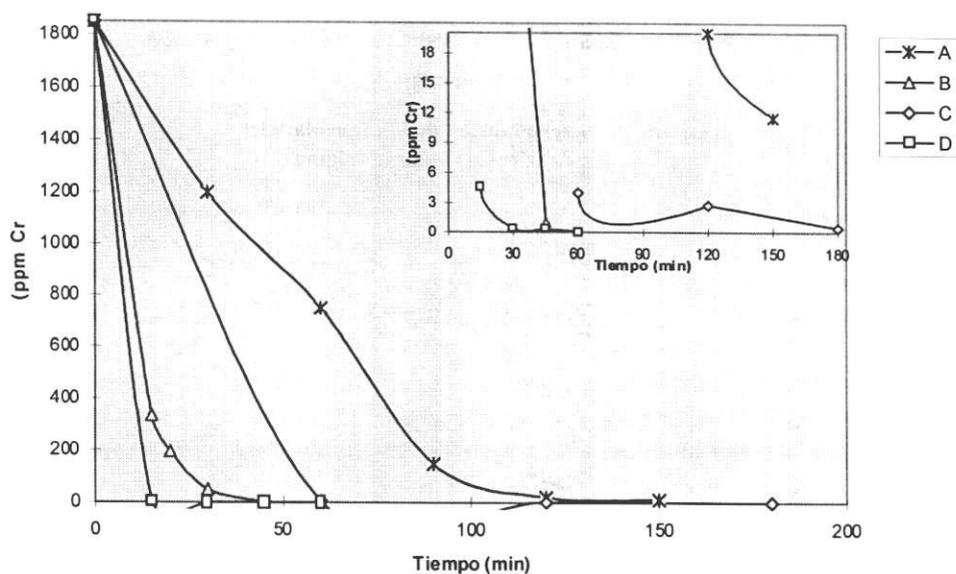


Figura 2. Remoción de cromo con ceniza volante

- A: original, masa 15 g y T = 25 °C
- B: original, masa 15 g y T = 50 °C
- C: tratada, masa 15 g y T = 25 °C
- D: tratada, masa 10 g y T = 50 °C

resultados obtenidos se encuentran dentro del límite permisible. A temperatura ambiente el mejor valor (0.45 ppm), se obtiene con un tiempo de agitación de 180 minutos y, disminuyéndolo a 60 minutos, sólo se llega a 4 ppm. A 50°C y 60 minutos de agitación se obtiene el mejor valor (0.031 ppm de cromo); sin embargo con un tiempo de agitación de 30 minutos se alcanza una concentración de 0.3571 ppm.

En la Figura 3 se determina la capacidad de adsorción de la ceniza volante original y resulta

un valor de 1.1048 meq de cromo/gramo de ceniza, cifra que se encuentra dentro del intervalo reportado en la literatura. (3)(4)

La Figura 4 presenta la isoterma de adsorción, la cual exhibe la forma de una S, característica de resinas bifuncionales, en este caso con grupos ácidos débiles y fuertes. En las mallas moleculares de tipo zeolítico se observan sitios de intercambio diferentes y las isothermas son bifuncionales, como si surgieran de la superposición de dos isothermas regulares.

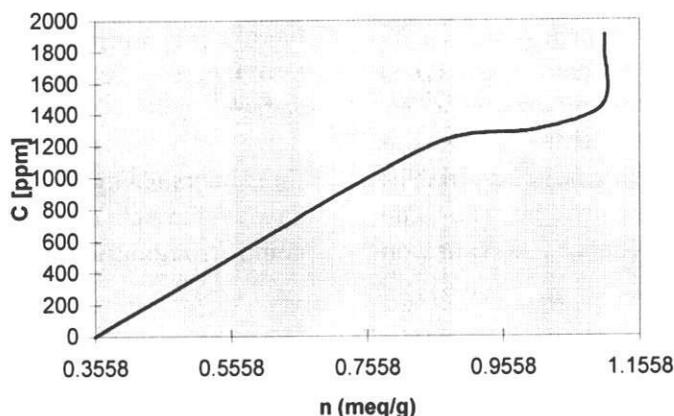


Figura 3. Determinación de la capacidad de adsorción de la ceniza volante original.

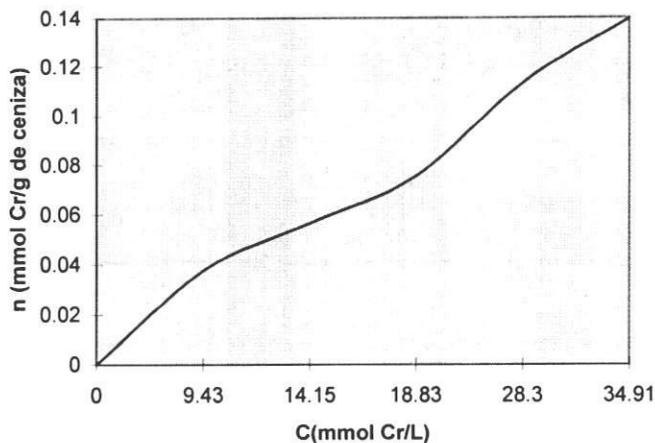


Figura 4. Isotherma de adsorción de la ceniza original

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio permiten concluir que el cromo residual proveniente de los desechos líquidos de la industria de curtiembres, en su estado de oxidación III, se puede eliminar empleando una malla molecular mezclada con material carbonáceo presente en el producto de desecho conocido como “ceniza volante”.

Los procesos de remoción realizados con ceniza volante tratada, exhiben mejores resultados que los realizados con ceniza volante original, debido que al tratar este material se forman diferentes zeolitas, incrementando su capacidad de remoción y mejorando sus propiedades cristalinas.

Es notorio cómo, al ir incrementando la temperatura del sistema, el proceso de remoción mejora considerablemente, debido a que existe una mayor velocidad de difusión de iones cromo de la solución hacia el adsorbente.

Con lo anterior se espera contribuir al saneamiento de los diferentes ríos y demás fuentes receptoras que están siendo sometidas al gran flagelo de la contaminación por cromo.

RECONOCIMIENTOS

El presente trabajo fue financiado, en parte, por Colciencias, dentro de un proyecto de investigación encaminado al uso de mallas moleculares en la descontaminación de desechos líquidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Colombia, pequeña y mediana industria, medio ambiente. Efecto ambiental de la pequeña y mediana industria en Colombia. CINSET (1993).
2. CHENG-FANG Lin and HSING-CHENG Hsi, "Resource recovery of waste ceniza volante: Synthesis of zeolite-like materials". Environ. Sci. Technol., vol. 29, pp. 1109-1117, 1995.
3. SINGER ArieH and BERKGAUT Vadim, "Cation exchange properties of hidrotermally treated coal ceniza volante". Environ. Sci. Technol., vol. 29, pp. 1748-1753, 1995.
4. AMRHEIN Christopher, Haghnia Gholam, Tai Soon Kim, Paul Musher, Ryan gagajena, Tedros Amanios and Laura de Latorre, "Synthesis and properties of zeolites from coal ceniza volante". Environmental Science and Technology, vol. 30, N. 3, pp. 735-742, 1996.
5. PERRY, John H., "Chemical Engineers Handbook", McGraw-Hill Company, New York, fourth edition, pag. 2-77, 1963.
6. APHA, AWWA, WPCF, "Standard Methods, for the examination of water and wastewater". 1989.