

Evaluación y reducción de los niveles de cromo en muestras de aguas residuales provenientes de curtiembres

Artículo de investigación científica y tecnológica

Olga Lucía Borda-Prada

Universidad La Gran Colombia,
Facultad de Ingeniería Civil
olga.borda@ugc.edu.co

Recibido: Octubre de 2014
Aprobado: Febrero de 2015

Resumen

El cromo es un elemento peligroso que se transporta en el agua y que puede ser absorbido mediante el consumo del recurso hídrico y de los alimentos por diferentes organismos como plantas y animales. Este elemento, al ingresar a los organismos, ya sea por ingestión, contacto o inhalación, genera efectos muy nocivos de orden genético, mutagénico y carcinógeno. De esta manera, los altos niveles de cromo en las aguas residuales, generadas en curtiembres que implementan procedimientos de curtido al cromo, representan una amenaza para los organismos vivos. Este artículo presenta los avances de una investigación en curso relacionada con la evaluación de los niveles de cromo en una muestra de agua residual proveniente de curtiembres; a su vez, propone una técnica para la reducción de este metal a partir de cal comercial y la evaluación del posible efecto de la cáscara de naranja sobre esta reducción. Los resultados que deriven de esta investigación pueden constituirse en un referente para la construcción de plantas de aguas residuales en las que se implementen tratamientos de reducción de los niveles de cromo, lo cual contrarrestaría efectos negativos sobre las fuentes hídricas.

Palabras clave: *chromo, plantas de tratamiento de aguas residuales, curtiembres.*

Abstract

Chromium is a dangerous element which is transported in the water and might be absorbed through the consumption of water and food by plants and animals. This element generates harmful effects like genetic, mutagenic and carcinogenic when it enters the organisms by ingestion or inhalation. Therefore, the high levels of chromium in the waste water generated in tanneries represent a risk for the living organisms. This paper shows the advances of a current research related to the evaluation of the levels of chromium in samples of waste water from tanneries. An alternative to reduce the chromium content in the waste water is proposed by using lime. Also, the effects of orange peel in the chromium reduction are evaluated. The results from this research can be taken as a benchmark for the construction of wastewater treatment plants in which new alternatives for the chromium reduction can be implemented, and in consequence, a decrease in the negative effects of this metal in the water resources.

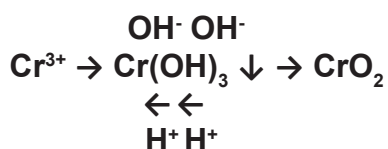
Keywords: *chromium, waste water treatment plants, tanner.*

1. Introducción

El proceso de curtido del cuero mediante compuestos de cromo es un método industrial comúnmente utilizado; en consecuencia, es una de las principales fuentes de contaminación por cromo, el cual se dispersa en el ambiente a través de las aguas residuales generadas luego del proceso de curtiembre.

La reducción de los niveles de cromo en aguas residuales, incluidas las provenientes de la industria de curtiembres, ha sido investigada en algunos trabajos que proponen técnicas de este tipo: la precipitación de cromo con hidróxido de sodio usando poliacrilamidas como floculante; la fitorremediación; la remoción de cromo utilizando mallas moleculares; la absorción de cromo sobre carbones activados modificados; el uso de hidróxido de calcio (o cal apagada: $\text{Ca}[\text{OH}]_2$), hidróxido de sodio y carbonato de sodio en el tratamiento de efluentes del proceso de curtido al cromo, y el uso de residuos agrícolas para reducir cromo hexavalente (+6) a cromo trivalente (+3).

En este sentido resulta relevante la implementación de una técnica para la reducción de los niveles de cromo que sea económica y de fácil manejo. De esta manera, esta investigación propone la evaluación de los efectos de la cal comercial sobre los niveles de cromo, la cual favorece la precipitación del cromo en su forma trivalente ($\text{Cr}[\text{OH}]_3$), tal como se describe en la siguiente reacción:



Los tipos de cromo hexavalente (+6) y de cromo trivalente (+3) se convierten entre sí en el agua y en el organismo humano, dependiendo de las condiciones ambientales; por ello, medir solo una forma de cromo no tendría en cuenta todo el elemento presente que sea potencialmente nocivo para la salud. De esta manera, este trabajo propone, adicionalmente, la evaluación del efecto de un residuo agrícola como la cáscara de naranja sobre la reducción de cromo hexavalente (+6) a cromo trivalente (+3).

2. Metodología

En el marco de la problemática descrita en este documento, se implementa una investigación de tipo cuantitativo que consiste en evaluar los niveles de residuos de cromo antes y después de adecuar e implementar un procedimiento de tratamiento con el fin de reducir los niveles de este metal. En este contexto por *adecuación* se entiende la optimización de los parámetros que constituyen la variable independiente (cantidad óptima de cal o reactivo precipitante, cantidad óptima de cáscara de naranja como fuente de agentes reductores y pH). Para el estudio de los parámetros de la variable

independiente y la evaluación del efecto sobre la variable dependiente (niveles de residuos de cromo) se desarrollaron las siguientes fases:

Fase 1: Recolección o toma de muestras y determinación del contenido de cromo

a. *Toma de muestras.* En este apartado se adoptan y presentan algunas de las recomendaciones para la toma de muestras descritas en *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*, de la Asociación Americana de Salud Pública (APHA), la Asociación Americana de Servicios de Agua (AWWA) y la Federación para el Control de la Polución de las Aguas (WPCF) (1985).

En este procedimiento se tomaron las siguientes precauciones:

- La muestra no debe deteriorarse o contaminarse antes de llegar al laboratorio.
- Antes de llenar el envase con la muestra. hay que purgarlo dos o tres veces con el agua que se va a recoger.
- Dejar 1% de la capacidad del envase para permitir la expansión térmica en las muestras que serán transportadas.
- Rotular cada envase con información suficiente sobre la muestra, indicando además fecha, hora y localización exacta.
- La elección del lugar, la profundidad y la frecuencia de las tomas de muestras se harán dependiendo de las condiciones locales y del objetivo del estudio. Se evitará recoger espuma superficial.

Tabla 1. Recomendaciones generales para la toma de muestras de agua residual

Determinación	Envase	Cantidad de muestra	Conservación	Tiempo máximo recomendado
Metales en general	De plástico (polietileno o equivalente) o vidrio lavados con HNO ₃ (1 + 1)	500	Filtran inmediatamente y añadir HNO ₃ hasta pH<2	6 meses

Fuente: APHA (1985)

b. *Determinación de los niveles de cromo por absorción atómica (AA):* La determinación de cromo se hizo con base en recomendaciones descritas en el método 3111B -Método directo de llama aire-acetileno- de la APHA, AWWA, WPCF (1985) y el manual de métodos analíticos para espectrofotometría de Absorción Atómica de PERKIN ELMER (1982). El procedimiento para la determinación de cromo incluye dos partes: la preparación de las soluciones patrón de 100 ppm y las soluciones patrón de trabajo de 1, 2, 3 y 5 ppm.

Para la solución patrón de cromo 100 ppm, se pesan 0,0100 gr de cromo metálico en vaso de precipitados de 100 mL. Se adiciona una mínima cantidad de HNO₃ 1:1 y 3 mL de ácido clorhídrico

(HCl 37% RA). Se tapa con vidrio de reloj. Luego se pone en plancha eléctrica, se calienta hasta ebullición moderada durante 10 minutos y se lleva casi hasta sequedad. Se deja enfriar, y mediante embudo de vidrio se transfiere a balón volumétrico de 100 mL y se lava con agua desionizada caliente. Se deja enfriar la solución y se lleva hasta el aforo con ácido clorhídrico 0,1 N. Se cubre este recipiente.

Para la preparación de las soluciones patrón de trabajo 1, 2, 3 y 5 ppm, se agita la solución de cromo de 100 ppm, y con pipetas volumétricas se miden 2, 4, 6 y 10 mL de la solución de cromo 100 ppm. Luego se transfieren a balones volumétricos de 200 mL. Con ácido clorhídrico 0,5N se lleva hasta el aforo y se cubre el recipiente.

- c. *Preparación y digestión de la muestra de agua residual.* Bajo cabina de extracción se ponen 10 mL de muestra de agua residual en vaso de precipitados de 50 mL, y se adiciona ácido nítrico concentrado (3 mL de HNO₃ 65%). En plancha eléctrica se calienta hasta ebullición moderada y se mantiene en digestión durante unos 15 minutos. Finalmente se retira de la plancha eléctrica y se dejar enfriar. Para filtrar y diluir, se lava el vidrio de reloj (usando frasco lavador) con agua desionizada caliente; se recogen las aguas de lavado en el mismo vaso de precipitados en que se hizo la digestión. Luego se deja enfriar la solución, se filtra y se recoge el filtrado en balón volumétrico de 250 mL. Se adiciona agua desionizada hasta el aforo y se cubre el recipiente. Se realiza la lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica de acuerdo con los parámetros descritos en la tabla 2. Si es necesario, se realiza una segunda dilución (con HNO₃ 0,5 N). Se calcula el contenido de cromo en gramos de cromo por 100 gr de muestra.

Tabla 2. Parámetros instrumentales para la cuantificación de cromo por absorción atómica

Parámetro	Valor
Longitud de onda	357,9 nm
Slit	0,7 nm
Sensibilidad de chequeo	4,0 ppm
Rango lineal	5,0 ppm
Llama reductora	Aire-Acetileno

Fuente: APHA (1985)

Fase 2: ensayos basados en el uso de cáscara de naranja y cal comercial para la reducción del nivel de cromo en aguas residuales de industrias de curtiembres.

En esta fase se realizan una serie de ensayos, que se describen enseguida. En erlenmeyer de 100 mL se ponen alícuotas de muestra de agua residual. A algunos de los erlenmeyer con alícuotas de agua residual se les adiciona

cáscara de naranja finamente picada. A todos los erlenmeyer se les adiciona cal en cantidades variables, tomando como referencia el nivel de cromo hallado en la fase 1. Todos los erlenmeyer con las mezclas se someten a agitación, y luego se filtra su contenido. También se realizan ensayos variando las cantidades de cáscara de naranja.

3. Resultados

3.1 Determinación de los niveles de cromo en aguas residuales de curtiembre por absorción atómica (AA)

Una vez realizado el muestreo, se hace una determinación inicial de los niveles de cromo en la muestra, según las recomendaciones descritas en el método 3111B (método directo de llama de aire acetileno) de APHA, AWWA y WPCF (1985). La cuantificación de los niveles de cromo en los patrones y en la muestra objeto de análisis se realiza en un espectrofotómetro de absorción atómica existente en la Universidad Pedagógica Nacional, al cual se le ajustan los parámetros descritos en la tabla 2. A partir de los datos obtenidos, se construye la curva de calibración (figura 1).

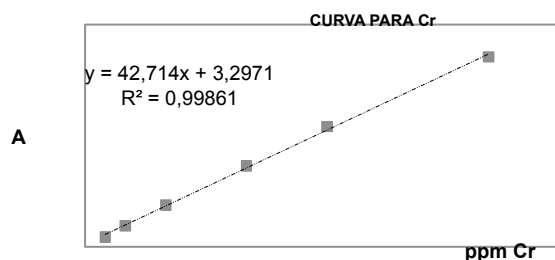


Figura 1. Curva de calibración para la determinación de niveles de cromo en una muestra de agua de curtiembre

Fuente: autora.

Se obtienen los valores de absorbancia para la muestra. Así, con base en la extrapolación de la ecuación de la figura 1, el nivel de residuo de cromo determinado es 819,5 mg/L. Es importante tener en cuenta que el Decreto 1594 de 1984, del Ministerio de Agricultura, establece como límite máximo permisible una concentración de 0,05 ppm de cromo en los residuos líquidos cuando

la destinación del recurso es para consumo humano y doméstico, y de 0,1 ppm de cromo en los residuos líquidos como valor admisible para la destinación del recurso para uso agrícola y pecuario. Por ello, el valor encontrado sugiere implicaciones graves sobre la salud pública y el contexto ingenieril; de ahí que sea relevante la adecuación de una técnica experimental para reducir estos niveles de cromo.

3.2 Reducción del nivel de cromo en aguas residuales de industrias de curtiembres del barrio San Benito (Bogotá)

Se realizan ensayos preliminares para evaluar el efecto de la cal comercial en los niveles de cromo encontrados. Para esto, se adicionan cantidades variables de cal entre 0,5000 gr y 8,0000 gr, a partir de procesos de agitación controlada a distintos valores de pH, y se determinan simultáneamente los niveles de cromo. Se encontró que por adición de 4,0003 gr de cal comercial a 10 mL de muestra (con pH ajustado entre 8 y 9), los niveles de cromo se reducen hasta en un valor de 0,30 mg/L. En la figura 2 se muestran los datos de la curva de calibración para la determinación de la concentración de cromo en muestras tratadas con cal comercial.

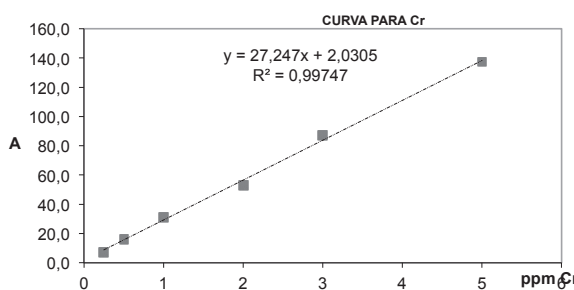


Figura 2. Curva de calibración para la determinación de niveles de cromo en una muestra de agua de curtiembre tratadas con cal

Fuente: autora.

De otra parte, con la adición de cantidades de cascara de naranja por el orden de 0,6 g, se logran reducir los niveles de cromo hasta 62,9 mg/L. Podría esperarse que al adicionar cascara de naranja y cal comercial de manera simultánea

a la muestra los niveles de cromo puedan reducirse hasta valores inferiores a 0,3 mg/L, debido a que en los ensayos experimentales se ha determinado que la cascara de naranja retendría cromo por el orden de 756 mg/L y la cal comercial favorecería la reducción de los niveles de cromo hasta 819 mg/L. Estos aspectos, sin embargo, son objeto de evaluación en la siguiente fase de investigación, que aún se encuentra en desarrollo.

4. Conclusiones

Los niveles de residuos de cromo encontrados en muestras de agua de curtiembre provenientes del sector de San Benito, Bogotá D.C., fueron de 819,5 mg/L. Este valor excede el límite máximo permisible que estipula el Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Agricultura, lo cual se constituye en una problemática relevante por el alto nivel toxicológico del cromo.

La adición de cantidades de cal comercial por el orden de 4,0000 g a la muestra de agua residual (con pH ajustado entre 8 y 9) favorece la reducción de niveles de cromo de 819,5 mg/L a 0,30 mg/L, respectivamente.

Del mismo modo, la adición de cáscara de naranja por el orden de 0,6 g, permite la reducción de niveles de cromo hasta 62,868 mg/L.

5. Referencias

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) (2010). Cromo (VI) en el agua potable. Recuperado de <http://goo.gl/XVI0QW>

Asociación Americana de Salud Pública (APHA), Asociación Americana de Servicios de Agua (AWWA) y Federación para el Control de la Polución de las Aguas (WPCF) (1985). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

Céspedes, N., Valencia, J. y Díaz, J., (2007). Remoción de cromo VI de soluciones acuosas por adsorción sobre carbones activados modificados. *Revista Colombiana de Química*, 36(3), 305-322.

Cuberos, E., Rodríguez, A. y Prieto, E., (2009). Niveles de cromo y alteraciones de salud en una población expuesta a las actividades de

curtiembres en Bogotá, Colombia. *Revista Salud Pública*, 11(2), 278-289.

González, A. y Jiménez, J. (2007). *Desarrollo de un método para disminuir el cromo III de los desperdicios de la piel curtida y su posterior reciclaje* (tesis de grado). México: Instituto Politécnico Nacional.

Lancheros, A. y Vera, G. (2011). *La fitorremediación en el tratamiento de aguas residuales para la remoción de Cr VI: aporte del trabajo experimental para la apropiación del lenguaje científico* (tesis de grado). Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

Martínez, R., Bautista, D., Sandoval, P., Cárdenas, J., Martínez, V. y Acosta, I. (2012) Remoción y reducción de cromo (6+) en solución por la cáscara de lichi (*Litchi chinensis Sonn*). Recuperado de <http://goo.gl/5HpXMF>

Ministerio de Agricultura (1984). Decreto 1594 de 1984, por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. *Diario Oficial* 36700.

Moral, A. (2010). *Depuración de cromo III en aguas residuales que contienen alta carga proteica*. Recuperado de <http://goo.gl/y1qYJ8>

Perkin-Elmer (1982). *Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry*. Norwalk, Estados Unidos: Autor.

Pianeta, O. y Saavedra, J. (2001). *Estudios de adsorción de cromo, níquel y zinc en solución sobre vermiculita* (tesis de grado). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.