

DETERMINACIÓN DE CROMO HEXAVALENTE EN DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES DE UNA CURTIEMBRE, UBICADA EN EL SECTOR DE IZAMBA, AMBATO EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA, MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

DETERMINATION OF HEXAVALENT CHROMIUM IN WASTEWATER
DISCHARGE OF A TANNERY, LOCATED IN THE FIELD OF IZAMBA,
AMBATO IN THE PROVINCE OF TUNGURAHUA,
BY ATOMIC ABSORPTION

Milton A. Medina & Pablo Pozo P.¹

Palabras claves: cromo hexavalente, aguas residuales,
curtiembre, absorción atómica

Key words: hexavalent chromium, effluent, tannery, atomic absorption

RESUMEN

En el presente estudio se determinó cromo (VI) en la descarga líquida final del proceso de curtición en una empresa ubicada en el sector Izamba, Ambato en la provincia de Tungurahua, mediante espectrofotometría de absorción atómica.

¹ Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Escuela de Ciencias Químicas, Quito, Ecuador. (amedinadelabarra@gmail.com; pepozo@puce.edu.ec).

Se analizó un total de 16 muestras, durante un período de cuatro meses (mayo a agosto del 2009); que corresponde al de mayor producción anual. Para la cuantificación primero se extrajo el cromo (VI) mediante el método EPA # 218.5, que se basa en la coprecipitación de cromato de plomo con sulfato de plomo disuelto en ácido acético. Después de la separación, el sobrenadante se retira y el cromo (VI) precipitado se disuelve en ácido nítrico para reducirle a cromo (III) y se cuantifica por absorción atómica mediante el uso de material de referencia certificado y fortificaciones. La concentración media de cromo (VI) fue de 160 mg/L y este valor es superior a los límites permitidos por el Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS), 2009, que es de 0,5 mg/L. Esta investigación afirma, que es necesaria la implementación de una planta de tratamiento o de un sistema de producción más limpio, para de esta manera reducir la contaminación generada por la industria del cuero.

ABSTRACT

The present study aims to determine chromium (VI) in the final process effluent in a tannery located in Izamba - Ambato in Tungurahua, by atomic absorptionspectrophotometry. A total of 16 samples were analyzed from the final effluent of the tanning process for a period of four months (May to August, 2009), noticing that this period is the most productive of the year. The method EPA # 218.5 was used for the separation of Cr (VI). The method is based on the separation of Cr (VI) from the sample by coprecipitation of lead chromate with lead sulfate in a solution of acetic acid. After separation, the supernatant is drawn off and the Cr (VI) precipitate is solubilized in nitric acid as trivalent chromium Cr (III) and quantified by atomic absorption. A standard reference material and fortifications were used to guarantee reliability in the results and to ensure their quality. Results showed that the concentration of chromium (VI) on the final effluent of the tanning process is about 160 mg/L. This exceeds the limits allowed according to existing legislation (TULAS), which is 0.5 mg/L, (TULAS), 2009. Moreover, the results indicate that there is a considerable pollution load in the final effluents, which lies above the established limits. Accordingly, it is claimed, that it is necessary to implement a treatment plant or a cleaner production system to, thereby, reduce the pollution generated by the leather industry.

INTRODUCCIÓN

La industria del cuero es una de las principales actividades económicas de la provincia de Tungurahua; en donde, según la Cámara de Calzado de Tungurahua, se procesa el 90% del cuero y el 67% del calzado a escala nacional, y existen registradas alrededor de 50 curtiembres. Así mismo, esta provincia es considerada una de las más productivas del país, según el Ministerio de Agricultura tiene aproximadamente 45000 hectáreas cultivables. Sin embargo, las comunidades aledañas a los ríos Ambato y Pachanlica, se ven afectadas debido al depósito de las aguas servidas, descarga de desechos de curtiembre y de empresas que fabrican ropa, papel, alimentos, etc.

Estudios realizados por el Instituto Nacional de Riego 2002 demuestran que el agua de los ríos mencionados anteriormente, contiene bacterias coliformes fecales, cromo, plomo, manganeso, hierro, plaguicidas, grasas y otros productos que pueden ocasionar graves consecuencias a la salud de la población, de los animales y el agro. Por este motivo, y en consideración a la industria del cuero como

una de las principales fuentes de contaminación, es importante el control de sus descargas líquidas.

El proceso de curtiembre consiste en transformar la piel del ganado en el cuero comercial, a través de un proceso de fijación del agente curtidor como el cromo sobre la piel, para que las características del cuero: blandura, estructura compacta, resistencia a la abrasión, resistencia a la tracción, elasticidad, etc., sean las adecuadas.

Organismos internacionales como El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) de los Estados Unidos, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA), ponen de manifiesto que los compuestos de cromo (VI) son carcinogénicos en seres humanos que concuerdan con los análisis realizados por la ATSDR (Agency for Toxic Substances & Disease Registry, 2008).

Los efectos en animales que ingieren compuestos de cromo (VI) son irritación y úlceras en el estómago, intes-

tino delgado y anemia, así como también muestran daño en los espermatozoides y el sistema reproductivo del macho.

En las aguas residuales obtenidas después del proceso de curtido, el cromo se encuentra en mayor proporción en su forma trivalente que es menos tóxica; sin embargo, puede transformarse a su forma hexavalente en el agua y suelo, según las condiciones existentes.

El objetivo del presente trabajo fue determinar cromo hexavalente en la descarga líquida final del proceso de curtición de una empresa, ubicada en el sector Izamba, Ambato en la provincia de Tungurahua, mediante espectrofotometría de absorción atómica, con el fin de obtener información sobre el grado de contaminación de los efluentes generados.

MATERIALES Y MÉTODOS

La determinación de cromo (VI) en descargas de aguas residuales de una curtiembre se realizó de acuerdo con el Método EPA # 218.5 para Chromium, Dissolved Hexavalent (AA, Furnace Technique), el cual se basa en la separación de cromo(VI) de la muestra por coprecipitación de cromato de plomo con sulfato de plomo en una solución de ácido acético. Después de la separación, el sobrenadante se retira y el cromo(VI) precipitado se solubiliza en ácido nítrico que le reduce a cromo (III) y es cuantificado por absorción atómica.

Toma de muestra

Las descargas de aguas residuales de la etapa de curtido se realizan una vez por semana. Por esta razón, se tomaron de manera puntual un total de 16 muestras durante un período de cuatro meses (mayo a agosto del 2009); y este período fue el de mayor producción anual. La toma de muestra se realizó según el manual para muestreo de aguas y sedimentos de la Secretaría de Ambiente (DMA, 1998).

Las muestras se tomaron en envases plásticos de cuatro litros sin acidificar y fueron preservadas a 4°C. Pos-

teriormente, en un máximo de 24 horas se realizó la separación del cromo (VI).

Preparación de la muestra

La separación del cromo (VI) se realiza mediante los siguientes pasos:

Se diluye la muestra debido a la presencia de sulfatos que son una interferencia. Se transfiere una porción de 50 mL de la muestra filtrada a un vaso de precipitación de 100 mL y se ajusta el pH a 3.5 ± 0.3 mediante la adición de ácido acético al 10 % gota a gota. Se pipetea una alícuota de 10 mL de la muestra ajustada a pH 3.5 en un tubo de centrifuga. Se agregan 3 mL de la solución de nitrato de plomo. Posteriormente se tapa el tubo, se mezcla y deja reposar durante 3 min. Después de la formación de cromato de plomo, se adiciona 1 mL de ácido acético glacial para mantener al Cr (III) en solución. Se tapa y se mezcla. Agregamos 100 mL de sulfato de amonio para asegurar una adecuada coprecipitación del sulfato de plomo. Se tapa y se mezcla. Se centrifuga y lentamente se aumenta la velocidad a 2000 rpm durante un período de 5 min. Luego

se mantiene la centrifugación a 2000 rpm durante 10 min. Se retira el tubo de centrífuga y se elimina el sobrenadante mediante una pipeta Pasteur conectada a una bomba de vacío. Al precipitado se añaden 2 mL de ácido nítrico concentrado, 2 mL de peróxido de hidrógeno al 30 % y 1 mL de nitrato de calcio en solución. Se tapa el tubo y se mezcla para disgregar el precipitado y solubilizar el cromato de plomo. Se trasvasa a un balón volumétrico de 10 mL y se afora; para ser analizada por espectrofotometría de absorción atómica. Se trata en igual forma el material de referencia certificado, las fortificaciones y las soluciones estándares de dicromato de potasio, así como también el blanco.

Curva de calibración

Se construye la curva de calibración con las siguientes concentraciones: 0.2, 0.4, 1, 2 y 3 mg/L. Los estándares de cromo se prepararán a partir de una solución de 1000 mg/L Inorganic Ventures®.

Condiciones instrumentales del equipo de Absorción Atómica

En la Tabla 1, se muestran las condiciones instrumentales que se utilizan.

Tabla 1. Condiciones instrumentales del equipo de absorción atómica

Longitud de onda λ (nm)	357.9
Energía de la lámpara (mA)	75
Slit (nm)	0.7
Comburente / Combustible	Aire/AC

Procedimiento

Digestión de muestras

Transferir 50 mL de muestra homogénea a un erlenmeyer de 125 mL y adicionar 2.5 mL de HNO₃ concentrado. Añadir de tres a cuatro núcleos de ebullición y cubrir con un vidrio de reloj para minimizar la contaminación. Digestar cuidadosamente en la plancha de calentamiento. Evaporar hasta alcanzar de 10 a 15 mL aproximadamente. La muestra debe tener una ligera coloración amarilla y transparente. Evitar que la muestra

alcance ebullición y se seque durante la digestión. Una vez terminada la digestión, lavar las paredes del vaso con agua destilada y filtrar si es necesario. Transferir el filtrado a un balón aforado de 50 mL y enjuagar el vaso de precipitación con dos porciones de 5 mL de agua destilada y agregar al balón, aforar con agua destilada. Efectuar la lectura de las muestras y registrar la absorbancia y concentración.

Tratamiento de resultados

Cálculos:

$$\text{Concentración del metal, mg/L} = \frac{A \times B}{V}$$

A= Concentración del metal en la solución digestada, dato que proporciona el equipo.

B= Volumen final de la solución digestada, mL.

V= Volumen de muestra digestada.

Los datos son aceptados siempre y cuando estos se encuentren dentro de la curva de calibración; caso contrario se deberá diluir la muestra.

RESULTADOS

Según el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS) en su libro VI, correspondiente a la norma de calidad ambiental y de descargas de efluentes, establece que el límite máximo permisible es de 0.5 mg/L para cromo (VI).

Los desechos de curtiembre contienen una variedad de constituyentes

en cantidades significativas, de acuerdo con la materia prima, proceso y producto final, por lo cual las concentraciones de los contaminantes presentes dependen en gran medida de la eficiencia del proceso. La determinación de cromo (VI) se realiza con el empleo de curvas de calibración.

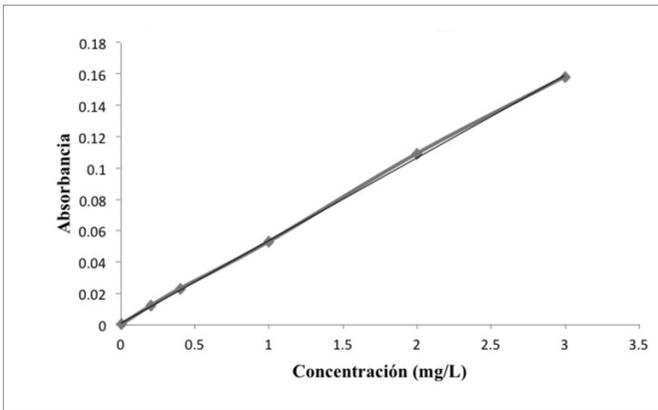


Gráfico 1. Curva de calibración de cromo (III)

Las curvas de calibración tienen un coeficiente de correlación (R^2) = 0.999; con lo cual se puede confirmar que se está trabajando con rango lineal y en óptimas condiciones.

Para asegurar que las curvas de cali-

bración y los resultados son confiables, se realizaron lecturas de material de referencia certificado “Chromium Total” NIST como una medida de control de calidad como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados del análisis de material de referencia certificado de cromo (III)

Material de referencia certificado de cromo (III)					
Curva	Valor Certificado (mg/L)	Límites de aceptación (mg/L)	Concentración (mg/L)	Error (%)	Observaciones
1	0.253	0.219 - 0.287	0.271	7.0	Cumple
2			0.254	0.4	Cumple
3			0.260	2.7	Cumple
4			0.250	1.1	Cumple
5			0.254	0.4	Cumple

Después de haber realizado el análisis de material de referencia certificado para cada una de las curvas de calibración, se observa que los datos obtenidos están dentro del rango de aceptación establecidos en la certificación que es de 0.219 a 0.287 mg/L. Con las curvas de calibración y la lectura del material de referencia se confirma la estabilidad de equipo y que los resultados son confiables. Los límites de detección y de cuantificación, se determinaron a través del cálculo de la desviación estándar de 10 lecturas de los blancos. El límite de detección corresponde a casi 3 veces la desviación estándar antes calculada; mientras que el límite de cuantificación corresponde a 10 veces dicha desviación. En la Tabla 3, se encuentran los valores del límite de detección y de cuantificación.

Tabla 3. Límite de detección y límite de cuantificación

Límite de detección y cuantificación	
Blanco	Lectura (mg/L)
1	0.011
2	0.015
3	0.011
4	0.015
5	0.015
6	0.015
7	0.011
8	0.011
9	0.011
10	0.007
Desviación estándar	0.0085
Límite de detección	0.025
Límite de cuantificación	0.085

Por lo tanto, el límite de detección corresponde a 0.025 mg/L y el límite de cuantificación es de 0.085 mg/L.

Para determinar que el método es aplicable para aguas residuales del proceso de curtiembre, se realizó la adición de estándares de concentración conocida en las muestras de estudio (fortificaciones) y se obtuvieron

los resultados que se muestran en la Tabla 4, donde, se puede observar que el porcentaje de recuperación es mayor al 89 %, lo cual confirma la validez del método.

Tabla 4. Resultado del análisis de fortificaciones en las muestras

Fortificaciones		
Código	Concentración (mg/L)	Recuperación (%)
Muestra	194.2	
M*+ Cr(Fortificada 50 mg/L)	240.4	92.4
M*+ Cr(Fortificada 100 mg/L)	283.4	89
M*+ Cr(Fortificada 200 mg/L)	371.8	88.8

M*→ Muestra

Los resultados obtenidos de la lectura del material de referencia certificado “Chromium VI” NIST y de la solución de dicromato de potasio como se establece en el Método EPA # 218.5 para Chromium, Dissolved Hexavalent (AA, Furnace Technique), se presentan en la Tabla 5; se obser-

van las concentraciones de cromo (VI) en el material de referencia certificado, se tiene un porcentaje de recuperación del 93 % y los valores obtenidos están dentro de los límites de aceptación establecidos en la certificación que es de 0.360 a 0.522 mg/L.

Tabla 5. Resultado del análisis de material de referencia certificado de cromo (VI)

Material de referencia certificado					
Código	Valor Certificado (mg/L)	Límites de aceptación (mg/L)	Concentración (mg/L)	Error (%)	Recuperación (%)
MRC	0.441	0.360 a 0.522	0.410	7.0	93
			0.406	7.9	92
			0.407	7.7	92

En la Tabla 6, se puede observar que los porcentajes de recuperación que se obtienen de la soluciones estándar de dicromato de potasio del 94.3 %, confirman que el método es apto

para cuantificar cromo (VI) en el orden de miligramos por litro (mg/L), ya que los datos se encuentran dentro de los porcentajes de aceptación del método que es de 85 a 115 %.

Tabla 6. Resultados del análisis de las soluciones estándares de dicromato de potasio

Solución estándar de dicromato de potasio				
Código	Valor Teórico (mg/L)	Concentración (mg/L)	Error (%)	Recuperación (%)
Solución 1	50	47	6.0	94
Solución 2	100	93.2	6.8	93
Solución 3	200	192.4	3.8	96

Los análisis en la determinación de cromo (VI) en las 16 muestras de la descarga final del proceso de curtido, se realizaron por triplicado y se obtuvo un promedio de dichas lecturas. Como se puede observar en la Tabla

7, las muestras tienen cromo (VI) en concentraciones que van desde 52.3 hasta 392.9 mg/L; el valor promedio del cromo (VI) es de 160 mg/L lo cual indica que se encuentra sobre la norma establecida que es 0.5 mg/L.

Tabla 7. Resultados de la determinación de cromo (VI) en la descarga final de aguas residuales del proceso de curtiembre

Muestra	Fecha (mg/L)	Concentración
1	8/05/09	52.3
2	15/05/09	64.9
3	22/05/09	57.9
4	29/05/09	135.2
5	5/06/09	128.9
6	12/06/09	94.2
7	19/06/09	216.7
8	26/06/09	210.1
9	4/07/09	215.3
10	10/07/09	191.5
11	18/07/09	110.3
12	24/07/09	111.5
13	31/07/09	97.9
14	07/08/09	392.9
15	14/08/09	243.3
16	21/08/09	242.5

En el Gráfico 2, se puede observar que la concentración de cromo (VI) tiene un comportamiento irregular ya que las condiciones que se requieren para la oxidación de los compuestos de cromo (III) a (VI) deben ser las adecuadas. Por lo tanto, al tener un proceso de curtido que está sujeto a varios factores enfocado en el producto final que se desea obtener, los resultados no tienen una tendencia estable.

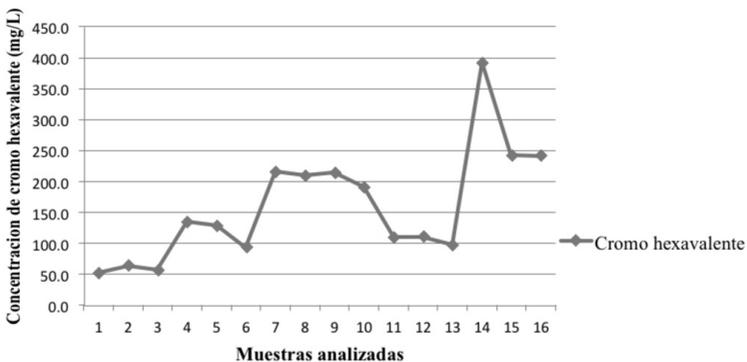


Gráfico 2. Comportamiento del cromo hexavalente

La transformación de cromo (III) a (VI) prácticamente no ocurre en forma natural; pero no existe garantía alguna que el cromo (III) permanezca en ese estado químico. Por ejemplo, la práctica de poder depositar residuos de cromo (III), junto con otros desechos procedentes de la misma industria o cloacales con algunos contenidos de óxido de manganeso (MnO_2) u óxido de hierro (Fe_2O_3) pueden oxidar el cromo (III) en cromo (VI) (Matteoda, 2009).

En la Tabla 8, se muestran los resultados de cromo total donde se obtienen valores que van desde 2115 hasta 6075 mg/L, lo cual indica que en la descarga final existe contaminación por este metal.

El valor promedio de cromo total es de 3988 mg/L. En el Ecuador, la normativa vigente que está basada en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS), no establece el límite para cromo total.

En el Gráfico 3, se puede observar que la concentración de cromo total en la descarga no tiene un comportamiento estable, ya que la concentración de cromo total depende de

Tabla 8. Resultados de la determinación de cromo total en las descargas de aguas residuales del proceso de curtiembre

Muestra	Concentración (mg/L)
1	4785
2	3775
3	3165
4	3160
5	5300
6	2245
7	2115
8	2540
9	3880
10	5485
11	4420
12	3815
13	3780
14	4330
15	6075
16	4945

varios factores como son el tratamiento de las pieles antes de la etapa de curtido, la temperatura de curtiembre, el tiempo, la acción mecánica, la basificación y en general la eficiencia del proceso.

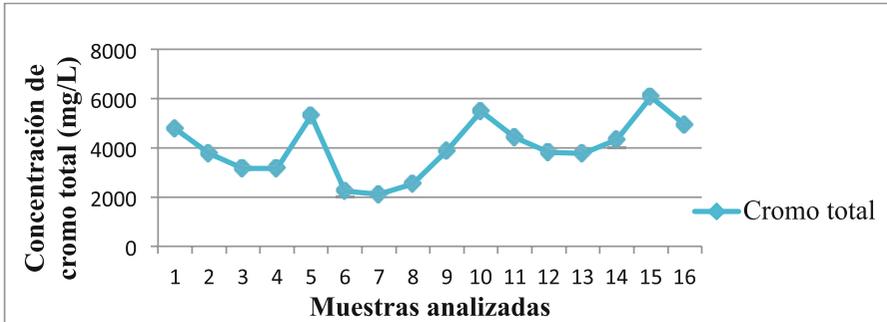


Gráfico 3. Comportamiento del cromo total

Para determinar la eficiencia del curtido al cromo es necesario conocer la concentración de cromo en el baño

y en la descarga de la siguiente manera:

Oferta de la sal de cromo = 7 % (7 kg de cromo por 100 kg de piel)
 Contenido de Cr_2O_3 en la sal de cromo = 25 % (dato proporcionado por el fabricante)

Contenido de cromo en el Cr_2O_3 = 68 %

Oferta de cromo = 7 % * 0.25 * 0.68 = 1.19 %
 (1.19 kg de cromo ofertado por piel)

Cantidad de agua = 30 % (30 L de agua por 100 kg de piel)

Concentración de cromo:

$(1.19 \text{ kg} * 1000\text{g}) / 1\text{kg} = 1190 \text{ g}$

$1190 \text{ g} / 30 \text{ L} = 39.66 \text{ g/L} \approx 40 \text{ g/L}$

(gramos de cromo por litro en cada baño)

Con el cálculo anterior y con el resultado obtenido del cromo total en la descarga que en promedio es de 3,988 g/L, se puede determinar la efi-

ciencia del curtido al cromo como se describe a continuación:

$(3,988\text{g/L} * 100 \%) / 40\text{g/L de Cr} = 9,97\%$

Por lo tanto, aproximadamente el 10 % del cromo ofertado no se fija a las fibras del colágeno de la piel con lo cual se logra una eficiencia del curtido al cromo del 90 %, lo cual indica una adecuada optimización de los parámetros que envuelven al proceso.

Es muy importante conocer el porcentaje de cromo (VI) con respecto al cromo total en la descarga, lo cual se muestra a continuación:

$$(0,160 \text{ g/L de Cr (VI)} * 100 \%) / 3,988 \text{ g/L de Cr total} = 4,01 \%$$

Con el cálculo anterior se puede observar que el porcentaje de cromo

(VI) determinado es bajo en relación con la cantidad de cromo total en la descarga final.

La relación del cromo (VI) con la concentración de cromo en el baño se muestra a continuación:

$$(0,160 \text{ g/L de Cr (VI)} * 100 \%) / 40 \text{ g/L de Cr en el baño} = 0,4 \%$$

Con el cálculo anterior se puede observar que el porcentaje de cromo (VI) determinado es menor al 0.5 % en relación con la cantidad de cromo total en el baño.

DISCUSIÓN

La corporación OIKOS ejecutó un proyecto de "Prevención de la contaminación ambiental y eficiencia energética en un conjunto de curtiembres de Ambato", con el objeto de identificar las necesidades de prevención de la contaminación de las empresas participantes, así como las alternativas de acción factibles para lograr la prevención y una mejor eficiencia energética. En los resultados,

se obtuvo que los efluentes de curtido tienen concentraciones de cromo cercanas a los 1000 mg/L.

Se han realizado estudios en otros países tales como el "Proyecto industria del cuero en el Uruguay. Tratamiento del cromo residual", donde se determinó que en el procesamiento solo el 50 % de la piel es transformada en cuero; el resto es eli-

minado bajo forma de un desecho sólido o como efluente en solución. La dificultad que presenta el uso de sales de cromo en el curtido es que una parte del curtiente no se fija y permanece en los reflujos. Las determinaciones realizadas, indican que la concentración de cromo en los baños residuales de curtido es relativamente constante, oscilando entre 6 y 7 g/L.

Con el presente trabajo se evidenció que las concentraciones de los pará-

metros analizados tornan imperiosa la necesidad de contar con soluciones que contrarresten los efectos de esta actividad industrial. La minimización de residuos se presenta como una alternativa interesante, porque reduce el volumen del residuo generado por la industria, disminuye la carga contaminante lanzada al ambiente y optimiza el proceso productivo, lo cual se traduce en beneficios económicos para la industria.

CONCLUSIONES

Una vez culminada la determinación de cromo (VI) en la descarga de aguas residuales del proceso de curtido, mediante espectrofotometría de absorción atómica, se concluye:

La técnica espectrofotométrica de absorción atómica es confiable para la determinación de cromo (VI), ya que los resultados de la lectura del material de referencia están dentro de los límites de aceptación establecidos en la certificación que es de 0.360 a 0.522 mg/L, con un promedio de 92.3 % de recuperación.

Las concentraciones de cromo (VI) van de 52.3 a 392.9 mg/L, sobrepasan el límite permitido según la normativa (TULAS) que es de 0.5 mg/L.

La concentración de cromo (VI) que en promedio es de 160 mg/L es mínima en relación con la cantidad de cromo total en el baño que es de 40000 mg/L y la concentración encontrada en la descarga de 3988 mg/L.

Se tiene una eficiencia del curtido de aproximadamente el 90% lo cual indica la optimización de los paráme-

tros de curtido y en general un buen manejo de recursos y procedimientos durante todo el proceso.

A pesar que la eficiencia del curtido es alta, es necesaria la implantación por parte de la curtiembre de nuevos procesos tecnológicos o mejorar los existentes para de esta manera disminuir aún más la concentración de cromo de los efluentes, así como también, encarar la eliminación de la carga contaminante residual para alcanzar los valores exigidos por la legislación nacional.

Algunos de los residuos sólidos como virutas de cuero, pueden ser utilizados como "compost" en la agricultura y otros requieren de su correcta

disposición o tratamiento para evitar contaminar en el ambiente.

Existen técnicas altamente sofisticadas, algunas de ellas en vía de experimentación para el tratamiento específico de las aguas residuales provenientes de la industria de las curtiembres.

Para la implementación de medidas de producción más limpia, es importante tener en cuenta: el tamaño de la curtiembre, la tecnología utilizada, el tipo de producto final, la normativa vigente, la ubicación de la fábrica, el sitio de descarga, el capital disponible y lo que es más importante, los beneficios económicos y ambientales que se pueden generar.

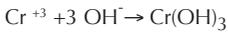
RECOMENDACIONES

Se recomienda el reciclaje de los baños residuales de curtido al cromo que es una práctica que ha adquirido importancia en estos últimos tiempos, ya que se logra una reducción de 65 % de la concentración de cromo en el efluente (de 3.5 a 1.3 g/L). La técnica consiste en la reutilización directa de los baños de curtido, previa filtración y ajuste de la

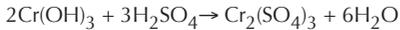
concentración de cromo a los niveles de operación.

El método de recuperación del cromo a través de su precipitación y redisolución consiste en precipitar el cromo de los baños residuales de curtido, en medio alcalino controlado. Una vez separado y lavado el precipitado, este puede ser redi-

suelto, por ejemplo, con ácido sulfúrico para su reuso en un nuevo ciclo de curtido o darle el tratamiento necesario para su disposición final. En la primera parte se puede usar un hidróxido para obtener un precipitado con cromo como se muestra a continuación:



Posteriormente se redissuelve el precipitado con ácido sulfúrico:



En el caso que las propuestas anteriores no sean económicamente rentables, se recomienda que la curtiembre construya una planta de tratamiento, la cual deberá tener rejillas para separar los sólidos gruesos, un sistema de filtración, un tanque de precipitación y sedimentación, un depósito de recolección de lodos y un tanque de recolección del efluente. Para el diseño de esta planta son muy importantes los valores de los diferentes parámetros analizados en la presente investigación.

Seleccionar adecuadamente la materia prima, adquirir productos concentrados y de alta calidad, adoptar las

tecnologías antes descritas y con ligeras variaciones de proceso (por ejemplo un aumento de la temperatura al final del curtido contribuye a un aprovechamiento mayor de los reactivos), poner atención en el agotamiento de los baños y ajustar parámetros para favorecer la fijación de los productos auxiliares en cada etapa; es posible reducir la contaminación del proceso de curtición de pieles en más del 50 % con respecto a un proceso convencional y el ahorro del 30 a 40 % de agua.

El costo de inversión y control acostumbra a recuperarse rápidamente por el ahorro de productos o de costos ambientales, y los resultados son doblemente gratificantes; en primer término mejora o mantiene la calidad de los cueros y luego se disminuye el impacto ambiental de la fabricación.

Finalmente, se recomienda que las autoridades locales y las curtiembres trabajen conjuntamente para que se generen políticas de producción más limpias para impulsar el cambio en los sistemas productivos. Especialmente se debería incentivar a las empresas a crear conciencia sobre los beneficios que tiene la aplicación de este tipo de actividades.

LITERATURA CITADA

- Alexander, J. (1993). Toxicity versus essentiality of chromium. *Scandinavian Journal Working Environmental Health*. Vol. 19, supl. 1. Pgs. 126-127.
- Anderson, R. (2007). Chromium as an Essential Nutrient. <http://www.icdacromium.com/pdf/publications/crfile6sep99.htm>. 25 de octubre de 2009.
- ATSDR. (2008). Cromo (Chromium), http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts7.html. 25 de febrero de 2009.
- Blankenship, L. (1994). Apoptosis is the mode of cell death cause by carcinogenic chromium. *Toxicology and Applied Pharmacology*. Estados Unidos. Pgs 75-83.
- Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles. (2003). Guía de producción más limpia en curtiembres. <http://www.cpts.org/prodlimp/guias/Cueros/Capítulo1-4.pdf>. 23 de febrero de 2009.
- Comunidad virtual del cuero. (2008). Técnica del Cuero. <http://www.cuernet.com/tecnicacuero.htm>. 25 de abril 2009.
- Dirección Metropolitana de Medio Ambiente (DMA). (1998). *Manual para Muestreo de Aguas y Sedimentos, Recopilación bibliográfica*, 1a edición, Pgs. 24-25.
- Flaherty, E. (1993). Chromium as essential and toxic metal. *Scandinavian Journal Working Environmental Health*. Vol. 19, supl. 1. Pgs 124-125.
- Tocados, G., Manrique A. & Fernández, J. M. (2002). *Introducción a la dermatitis de contacto en la construcción. Historia del cromo*. Facultad de Medicina. Universidad de Cádiz. España.
- Holmos, J. (1980). *Química Técnica de Curtición*. ADZET. 1a edición. Ciceró. España.
- Rubinson, K. A. & Rubinson, J. F. (2001). *Análisis Instrumental*, 1a edición, Prentice Hall, Madrid.
- Lodge, J. (1988), *Methods of Air Sampling and Analysis*. 3a edición. Lewis Publishers, Florida, Pgs. 83-88.
- Matteoda, E. (2009). Cromo en aguas subterráneas y superficiales en el entorno de una curtiembre, relación con valores de fondo natural. <http://www.igme.es/internet/Bole>

- tin/2009/120_4_2009/11-ARTICULO%209.pdf. 12 de diciembre de 2009.
- Morera, J. M. (2000). *Química Técnica de Curtición*. Escuela Superior de Tenerife de Igualada. 1a edición. España.
- Páez, M. (2004). Tratamiento de aguas. Efluentes de curtiembres. <http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HD/L/ENV/envsp/Vol320.htm>. 25 de octubre de 2009.
- Rivera, R. (2006). Norma ISO 14.000: Instrumento de Gestión Ambiental para el siglo XXI "Aplicación Práctica en una Empresa de Curtiembre". http://www.cueronet.com/tecnica/normasiso14000_cap4.htm. 24 de febrero 2009.
- Skoog, D. & Leary, J. (1996). *Análisis Instrumental*, 4ta edición, España.
- Soler, J. (2000). *Procesos de curtido*. Escuela Superior de Tenerife de Igualada. 1a edición. España.
- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS), libro VI. Anexo I correspondiente a la Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes Recurso Agua.
- The Perkin-Elmer Corporation. (1996). *Analytical Methods for Atomic Absorption Spectroscopy*, Estados Unidos.
- (1993). *Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry*, 2da edición, Estados Unidos.
- Van den Bossche, V., Gavend, G. & Brun, M. J. (1997). Chromium tanned leather and its environmental impact. <http://www.icdachromium.com/pdf/publications/crfile4dec97.htm>. 25 de octubre de 2009.
- Willard, H., Merritt, L., Dean, J. & Settle, F. (1990). *Métodos Instrumentales de Análisis*, 1a edición, Continental S.A., México.

