

Remoción de cromo hexavalente en aguas residuales proveniente de procesos de cromado de plásticos en empresas de Bogotá

Yuly Tatiana Castiblanco Moreno & Andryth Banezza Perilla Perez
Noviembre 2019.

Universidad Cooperativa de Colombia.
Bogotá.
Ingeniería Industrial



Abstract

El avance de las tecnologías industriales en las últimas décadas ha incrementado el uso de metales pesados generando el vertido incontrolado de cromo a fuentes hídricas, creando desgaste de este recurso. Es por ello, que existen diferentes procesos alternativos para el tratamiento de descontaminación de los recursos hídricos; por lo tanto, se propone el uso de la fotocatalisis heterogénea con dióxido de titanio (TiO_2), dado que es el tratamiento físico-químico más utilizado para efluentes contaminados con cromo hexavalente Cr (VI). El presente trabajo de investigación plantea la remoción de cromo hexavalente (VI) en aguas residuales proveniente de procesos de cromado de plásticos en empresas de Bogotá. El desarrollo experimental se realizó a escala laboratorio en Erlenmeyer con muestras de 250 mL de agua residual de la industria de cromado de plástico; para aplicar este tratamiento, estas muestras se dispusieron en planchas con agitación y se irradiaron las muestras con lámparas UV de 32 w. Esto, con el fin de monitorear el nivel de concentración de cromo mediante el Test Kit de cromo HI 3846 proveniente de Hanna Instruments [1], y así determinar el periodo de tiempo en el cual la remoción se daría por completo. En la experimentación, se logró evidenciar que el pH ejerce un importante efecto en la velocidad de degradación del Cromo (VI), puesto que con el pH más ácido (3,3) la velocidad de degradación se redujo a solo 30 minutos, así mismo, también la velocidad de degradación creció cuando la intensidad de radiación aumentó, ya que cuando se aplicó una intensidad menor ($8\text{mW}/\text{m}^2$), la remoción total se dio en 1.5 días, y al aumentar la intensidad ($24\text{mW}/\text{m}^2$) se redujo a 30 minutos, lo que sugiere que esta es una condición más favorable para la remoción.

Tabla de Contenido

Capítulo 1 Introducción	6
Capítulo 2 Justificación	9
Capítulo 3 Problema de Investigación	10
Capítulo 4 Objetivos	11
Objetivo General	11
Objetivos Específicos	11
Capítulo 5 Materiales y Métodos	12
Capítulo 6 Resultados	14
Bibliografía	16

Lista de tablas**Tabla 1.** Niveles de las Variables .

13

Lista de figuras

Fig 1. Montaje experimental.	12
Fig 2.. Remoción de cromo en el tratamiento (antes-después)	14

Capítulo 1

Introducción

El agua es un elemento fundamental para el planeta y para la vida de todos los organismos que habitan en ella. Con la aparición de las diferentes actividades que facilitaban la supervivencia del hombre, éste le dio diferentes usos, entre ellos la utilización como mecanismo de limpieza para llevar lejos los desperdicios que se creaban en sus actividades económicas, lo que suscitó el surgimiento de lo que actualmente se conoce como aguas residuales

No obstante, el origen de las aguas residuales es muy diverso, sin embargo, podemos decir que estas se clasifican en: “Aguas Residuales Domésticas (ARD), Aguas Lluvias (ALL), Residuos Líquidos Industriales (RLI), y Aguas Residuales Agricultura (ARA)” (Jaramillo & Arias, 1985:33).

La preocupación por la generación de las aguas residuales y sus tratamientos es una problemática que ha tomado fuerza en este siglo, ya que se ha presentado una concentración suficientemente importante que amenaza el suministro de agua limpia.

Si se tiene en cuenta, el caso de los residuos líquidos industriales (RLI) provenientes de los diferentes procesos de las industrias, uno de los que se destacan por su alta carga contaminante son los RLI del proceso de cromado de plástico; donde se realizan baños químicos con cromo hexavalente para que sirvan como capa protectora para evitar la corrosión y como acabado decorativo.

El cromo hexavalente Cr (VI) es la forma tóxica del metal cromo, que se genera principalmente en los procesos industriales utilizados en galvanoplastia, fabricación y soldadura de acero inoxidable, pigmentos, colorantes, entre otros.

El cromo hexavalente (VI) representa un riesgo importante para la salud de los seres humanos, afectando en mayor medida a las personas, pues este compuesto puede ocasionar reacciones alérgicas en la piel, al ser inhalado este también puede generar irritaciones y sangrados de nariz, o en mayor medida puede debilitar el sistema inmune, causar daños en riñones e hígado, cáncer de pulmón e incluso la muerte.

“El vertido incontrolado de cromo al medio ambiente se genera, principalmente, porque la mayor parte de los sistemas colectores de aguas residuales no posibilitan la separación de efluentes urbanos e industriales” (M. Arauzo, M. Rivera, M. Valladolid, C. Noreña, O. Cedenilla, 2003). Estos sistemas convencionales para tratamiento de agua, compuesto por tratamientos primario y secundario, no son capaces de remover de forma eficiente estos metales pesados.

Aunque se han desarrollado procesos tecnológicos específicos para la eliminación de los metales pesados de las aguas residuales, el uso de estos es bastante costoso y no son muy conocidos. Por lo anterior, la presencia de metales pesados en el agua constituye un problema grave de contaminación; obligando a que las empresas apliquen tecnologías para la descontaminación.

En consecuencia, “el tratamiento físico químico más utilizado para efluentes contaminados con Cr (VI) una alternativa muy interesante al proceso de reducción química, es el

empleo de fotocátalisis heterogénea con dióxido de titanio” (Red Madrileña de Tratamientos Avanzados para Aguas Residuales con Contaminantes no Biodegradables, 2015).

Durante este estudio se evalúa el uso de la fotocátalisis para la remoción del cromo presente en grandes concentraciones en aguas residuales provenientes de la industria del cromado de plástico que afectan los ríos, cuencas y suelos de Bogotá.

Capítulo 2

Justificación

El cromo hexavalente Cr (VI) es la forma tóxica del metal cromo, que se genera principalmente en los procesos industriales tales como la galvanoplastia, fabricación y soldadura de acero inoxidable, pigmentos, colorantes, entre otros. Durante el desarrollo de estas actividades industriales, las aguas residuales generadas suponen una preocupación importante para la Salud Pública, dada la toxicidad que causa el vertimiento de éstas, puesto que al arrojar al ambiente metales tóxicos como el plomo, cromo y mercurio se pueden generar muchos efectos que son dañinos para la salud humana y para la mayoría de formas de vida .

Por ello, empresas de la ciudad que se especializan en la fabricación de piezas plásticas con recubrimiento de cromo, presentan la necesidad de encontrar alternativas para que sus vertimientos, se encuentren libres de compuestos tóxicos. Adicionalmente, las empresas buscan poder cumplir con los requerimientos que han emitido las autoridades ambientales en cuanto a vertimientos de aguas residuales. De esta manera, con el desarrollo de la investigación, se pretende ofrecer una solución a las empresas del sector en pro de la sostenibilidad ambiental.

Capítulo 3

Problema de Investigación

El recubrimiento de los plásticos con cromo como protector para evitar la corrosión de piezas en las industrias del sector automoción, electrodomésticos y el sanitario, se ha convertido en un problema por la generación de aguas residuales con altos contenidos de cromo hexavalente.

Por consiguiente, se genera el vertido incontrolado de cromo a las fuentes de agua y al ambiente, y ésto es debido a que la mayor parte de los sistemas colectores de aguas residuales no posibilitan la separación de efluentes urbanos e industriales.

En los sistemas convencionales para tratamiento de agua, los principales tratamientos (primario y secundario), no logran remover de forma eficiente metales pesados. Por lo tanto, se han desarrollado procesos tecnológicos específicos para la eliminación de los metales pesados de las aguas residuales, sin embargo, el uso de estos, es bastante costoso y no son muy conocidos.

En consecuencia, el tratamiento físico-químico más utilizado para efluentes contaminados con cromo hexavalente Cr (VI) es el empleo de fotocátalisis heterogénea con dióxido de titanio (TiO₂), que resulta ser una alternativa muy interesante al proceso de reducción química. Partiendo de lo anterior, el proyecto de investigación plantea la siguiente pregunta específica: ¿Cómo establecer la concentración del fotocatalizador y el tiempo de exposición para la remoción de cromo hexavalente en aguas residuales de industrias del cromado de plástico?

Capítulo 4

Objetivos

Objetivo General

Establecer la concentración del catalizador y el tiempo de exposición para la remoción de cromo hexavalente, como alternativa de tratamiento de aguas residuales en empresas de cromado de plástico.

Objetivos Específicos

Definir las variables a estudiar durante la fotocatalisis, soportado en la información bibliográfica

Comparar el desempeño durante la fotocatalisis de los diferentes tratamientos definidos para la remoción del Cromo VI

Determinar las mejores condiciones para la remoción del Cromo hexavalente en las aguas residuales.

Capítulo 5

Materiales y Métodos

La zona de estudio se limitó a la ciudad de Bogotá, Colombia, donde se recogieron diferentes cantidades de muestras de agua contaminada de la industria del cromado de plástico. Para la descontaminación se recurre al método terciario conocido como Tratamiento fotocatalítico usando como catalizador el dióxido de titanio (TiO_2).

Para la determinación de la concentración de cromo en las muestras, se utilizó el Test Kit de Cromo HI 3846 proveniente de Hanna Instruments, donde el Cromo (VI) reacciona con la difenilcarboacida para formar una coloración púrpura en condiciones de tampón ácido, por lo anterior la cantidad de coloración que se desarrolla es proporcional a la concentración de cromo presente en la muestra del agua residual.

La caracterización de la muestra contaminada se realiza tanto antes como después del tratamiento. Se determinó pH, DQO, y % Cr

Partiendo de la revisión bibliográfica, se definieron las variables a evaluar pH, dosis de TiO_2 (g/L), y tiempo de exposición para determinar la concentración de Cromo removido (Tabla 1.).

Tabla 1. Niveles de las Variables . [8]

pH	Tiempo (min)	Dosis TiO_2 (g/L)
3.3	30;60;90;120	1;3
5	30;60;90;120	1;3
7	30;60;90;120	1;3

Para el desarrollo experimental, se tomaron erlenmeyer con muestras de 250 mL de agua residual para aplicar los tratamientos, éstas muestras se analizaron por triplicado. Asimismo, las

muestras se dispusieron en planchas con agitación (Fig 1.). Se irradiaron las muestras con lámparas UV de 32 w.



Fig 1. Montaje experimental.

Capítulo 6

Resultados

1. Durante el desarrollo de la experimentación se pudo observar que el pH ejerce un importante efecto en la velocidad de degradación del Cromo (VI), puesto que en el pH más ácido la velocidad de degradación fue sólo de 30 minutos, esto corrobora lo expuesto por Blanco et al., 2002 , donde se afirma que los procesos fotocatalíticos son más eficientes en medios ácidos donde $3 < \text{pH} < 5$
2. Asimismo, también es importante mencionar que la velocidad de degradación creció, cuando la intensidad de radiación se aumentó, puesto que cuando se le aplicó una intensidad menor (8 mW/m^2), la remoción total se realizó en 1.5 días, mientras al aumentar la intensidad (24 mW/m^2) se redujo a 30 minutos en la condición más favorable de remoción.
3. La mejor degradación fotocatalítica (Fig.2) se presentó cuando el pH estaba en un valor de 3,3 y la dosis del TiO_2 en $3(\text{g/L})$.



Fig 2. Remoción de cromo en el tratamiento (antes-después)

4. Durante una siguiente fase en la investigación, se plantea estudiar la remoción cuándo se tiene una dosis de TiO_2 con un valor intermedio a los evaluados.

Bibliografía

- Andrews S. Fastqc (2010). A quality control tool for high throughput sequence data.
- Artunduaga O. F (2015). Tratamientos para la remoción de cromo (VI) presente en aguas residuales. Nova Revista, 66-73.
- Blanco Gálvez J. Malato Rodríguez S. Estrada Gasca C. A. Bandala E. R. Gelover S. Leal T. (2002). Purificación de aguas por fotocátalisis heterogénea: Estado del arte. Eliminación de contaminantes por fotocátalisis heterogénea. M. B., editor. CYTED, 51-75.
- Hanna I. (2012). Manual de Instrucciones HI 3846 Test Kit de Cromo. ISTR3846
- Jaramillo & Arias (1985). Tratamiento biológico de las aguas residuales [Online]. <https://catalogo.unimilitar.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=31569>
- M. Arauzo, M. Rivera, M. Valladolid, C. Noreña, O. Cedenilla, (2003). CONTAMINACIÓN POR CROMO EN EL AGUA INTERSTICIAL, EN EL AGUA DEL CAUCE Y EN LOS SEDIMENTOS DEL RÍO JARAMA [Online]. <https://www.limnetica.com/es/contaminaci%C3%B3n-por-cromo-en-el-agua-intersticial-en-el-agua-del-cauce-y-en-los-sedimentos-del-r%C3%ADo>
- Red Madrileña de Tratamientos Avanzados para Aguas Residuales con Contaminantes no Biodegradables (2015). [Online] <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/2938?locale=es>
- Remtavares. (2015, Diciembre 9). Contaminación del agua con cromo [Online]. Recuperado el 9 de diciembre de 2015 de <https://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2015/12/09/132418>