

Degradación de aguas residuales de la industria textil por medio de fotocatalisis

Luis Fernando Garcés Giraldo¹ / Marta Lucía Hernández Ángel²,
Gustavo Antonio Peñuela Mesa³/Alejandra Rodríguez Restrepo⁴/ Julián Andrés Salazar Palacio⁴

Línea de investigación: Tratamiento de Aguas. Grupo de Investigación Aplicada en Medio Ambiente GAMA y Semillero de investigación en Gestión y Medio Ambiente SIGMA.

Degradation of waste water from textile industries by the use of photocatalysis.

Resumen

Introducción: para la degradación de los colorantes se han utilizado diferentes tecnologías de tratamiento terciario (nanofiltración, microfiltración, electrocoagulación) y los procesos avanzados (H_2O_2 /UV y fotocatalisis heterogénea y homogénea), así como tratamientos combinados de fotocatalisis y oxidación electrolítica. En muchos de los casos, la aplicación de algunas de estas metodologías ha llevado a disminución de la concentración de colorante en los efluentes tratados. **Objetivo:** evaluar la fotodegradación sensibilizada con dióxido de titanio para un colorante utilizado en la industria textil. **Materiales y métodos:** se realizaron los ensayos en un colector solar cilindro parabólico compuesto. Que consiste en un módulo con ocho tubos de vidrio y lámina de aluminio, ya que permite la reflectancia de la radiación ultravioleta de la luz solar, todo el conjunto tenía una bomba de recirculación y un tanque; el colector solar tenía una inclinación de 6° con respecto al suelo. Los tubos de vidrio estaban unidos con conexiones de PVC. Se realizaron los montajes durante ocho horas de radicación, cada hora se realizaban los análisis de color y de COT. **Resultados:** se encontró que las mejores concentraciones de TiO_2 es 100 mg/L y 2% de H_2O_2 obteniendo un porcentaje de degradación aproximadamente igual al 98%. **Conclusiones:** el colorante rojo recoltive puede ser degradado con unas buenas combinaciones entre el dióxido de titanio y el peróxido de hidrógeno, obteniéndose también buenos porcentajes de mineralización de este.

Palabras clave: Degradación. Aguas residuales. Industria textil. Fotocatalisis. Colorante rojo Recoltive.

Abstract

Introduction: For dye degradation, different Technologies of tertiary treatment have been used (nanofiltration, microfiltration, electrocoagulation), the advanced processes (H_2O_2 /UV and heterogeneous and homogeneous photo catalysis) and combined treatments of photo catalysis and electrolytic oxidation. In many cases, the application of such technologies has brought a diminution in the concentration of dye in the treated effluents. **Objective:** To evaluate photo degradation sensitized with titanium dioxide for a dye used in textile industries. **Materials and methods:** Rehearsals were made in a parabolic composed cylinder sunlight collector, which is made up by 8 glass pipes and an aluminium sheet. This allows the reflection of ultraviolet radiation of sunlight. The device had a recirculation pump and a tank. The sunlight collector had a 6 degrees inclination with respect to the ground. The glass pipes were united with PVC connections. Assemblies were made during a 8 hours period of radication, and colour and COT analysis were made every hour. **Results:** Best TiO_2 concentrations are 100 mg/L and 2% of H_2O_2 , obtaining a degradation rate of approximately 98%. **Conclusions:** Recoltive red dye can be degraded with good combinations between titanium dioxide and hydrogen peroxide, obtaining also good mineralization percentages in the same dye.

Key words: Photo degradation. Waste water. Textile industries. Photocatalysis Recoltive red dye.

¹ Ingeniero Sanitario, magíster en Ingeniería Ambiental, especialista en Cuencas Hidrográficas, y especialista en Ingeniería Ambiental. Decano Facultad de Ingenierías, Corporación Universitaria Lasallista. Director del Grupo de Investigación Aplicada en Medio Ambiente GAMA/
²Ingeniera Química, especialista en Ingeniería Ambiental, candidata a Magíster en Ingeniería Ambiental UPB. Docente de la Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria Lasallista/ ³ Químico. Doctor en Química Ambiental. Director del GIGA , Universidad de Antioquia./
⁴Estudiante de Ingeniería Ambiental, Corporación Universitaria Lasallista

Correspondencia: Luis Fernando Garcés Giraldo. e-mail: lugarces@lasallista.edu.co

Fecha de recibo: 27/06/2005; Fecha de aprobación: 19/07/2005

Introducción

La fotocatalisis con luz solar es un proceso de oxidación avanzada que puede ser utilizado para el tratamiento de aguas residuales con colorantes. Se emplea la luz solar que llega a la superficie terrestre para generar reacciones químicas de oxidación que dan lugar a la eliminación de los compuestos orgánicos. Se utiliza el dióxido de titanio (TiO_2) como fotocatalizador. Este método ha sido probado a nivel de laboratorio para hidrocarburos, compuestos orgánicos clorados y fosforados contenidos en pesticidas y herbicidas, colorantes y surfactantes.^{1,2}

En las aplicaciones prácticas del proceso de degradación oxidativa, no es suficiente la desaparición de los contaminantes, es imprescindible también la conversión de, al menos un importante porcentaje del carbón orgánico en carbón inorgánico, en forma de CO_2 . El fin del proceso es la mineralización completa de todo el carbono orgánico, para asegurar que tanto el contaminante como cualquier otro producto intermedio formado durante el proceso fotocatalítico han sido generado. En algunos casos, la degradación parcial del contaminante puede ser aceptable si el producto final es un producto inocuo.³

De las 700.000 toneladas de tintes y colorantes que se producen cada año en todo el mundo, del 10 al 15% se desechan en los efluentes provenientes de las operaciones de teñido. Casi el 50% del colorante que originalmente se encuentra en el baño de colorante nuevo, se desecha después de la coloración. La generación de agua residual en una instalación de teñido para la coloración reactiva y directa se encuentra en el orden de 15 a 20 galones por libra. La principal fuente de agua residual es el baño de tinte y el agua de lavado, los cuales contienen subproductos (colorante hidrolizado), algo de tinte intacto y sustancias químicas auxiliares.^{1,4}

En el proceso de elaboración de productos textiles se presenta un gran número de operaciones unitarias retroalimentadas que utilizan diversas materias primas, como algodón, lana, fibras sintéticas, o mezclas de ellas. El impacto ambiental de sus efluentes líquidos es muy diferente, por la gran variedad de materias primas y reactivos utilizados que varían según los métodos de producción.^{2,5}

En general, las moléculas de los colorantes utilizados en la actualidad son de estructuras muy variadas y complejas. La mayoría de ellos son de origen sintético, muy solubles en agua, altamente resistentes a la acción de agentes químicos y poco biodegradables. Alrededor del 60 % de los colorantes en uso de la industria textil actual son *colorantes reactivos*, que se caracterizan por formar una unión éter con la fibra, lo que garantiza una mayor duración del color en el tejido. Sus estructuras frecuentemente contienen grupos azo, antraquinona o ftalocianina.⁴

Dadas sus características de solubilidad y estabilidad, los métodos tradicionales de floculación, sedimentación o adsorción no son útiles en la remoción de estos compuestos, pero esta metodología es efectiva sólo en algunos casos, por lo que una alternativa más promisoría sería la oxidación química parcial o total.^{2,6}

Algunos métodos de oxidación utilizan permanganato de potasio para destruir los contaminantes, pero introducen nuevos contaminantes y requiere mucho tiempo para la degradación. La utilización de cloro provoca la formación de compuestos organoclorados, como los halometanos que pudieran resultar más perjudiciales que los compuestos originales. El proceso Zimmerman y la ozonólisis consumen mucha energía. La adsorción con carbón activado, resinas poliméricas y la desorción con aire son económicamente factibles, sin embargo, en cierto modo no terminan del todo con el problema principal de la contaminación al pasar los compuestos contaminantes de una fase a otra. El problema de la destrucción eficiente de contaminantes orgánicos ha llevado al desarrollo de los llamados procesos avanzados de oxidación. Estos permiten en ocasiones destruir completamente los contaminantes orgánicos, "mineralizándolos", al realizarse reacciones hasta convertirlos en CO_2 y H_2O . Otras veces producen compuestos "más deseables" que los compuestos originales (como ácidos minerales diluidos), dependiendo del tipo de la molécula a tratar.^{1,7}

Materiales y métodos

Se realizaron los ensayos en un colector solar cilindro parabólico compuesto. Que consiste en un módulo con ocho tubos de vidrio y lámina de aluminio, ya que permite la reflectancia de la radiación ultravioleta de la luz solar, todo el conjunto tenía una bomba de recirculación y un tanque;

el colector solar tenía una inclinación de 6° con respecto al suelo. Los tubos de vidrio estaban unidos con conexiones de PVC.

Se realizaron los montajes durante ocho horas de radicación, cada hora se realizaban los análisis de color y de COT.

Se realizaron modelos de regresión lineal mediante el paquete estadístico SAS.

Resultados y discusión

Los ensayos experimentales realizados en esta investigación se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Ensayos para la experimentación

Experimento	Conc. de colorante Rojo recoltive (mg/L)	Conc. de TiO ₂ (mg/L)	Conc. de H ₂ O ₂ (%v/v)
E1	100	0	0
E2	100	50	0
E3	100	50	1
E4	100	50	2
E5	100	100	0
E6	100	100	1
E7	100	100	2
E8	100	0	1
E9	100	0	2

En la gráfica 1 se muestra en forma comparativa todas las combinaciones de TiO₂ y peróxido, identificándose como mejor concentración la de TiO₂ es 100 mg/L y 2% de H₂O₂ con colector solar, la que tiene un porcentaje de degradación aproximadamente igual al 98%.

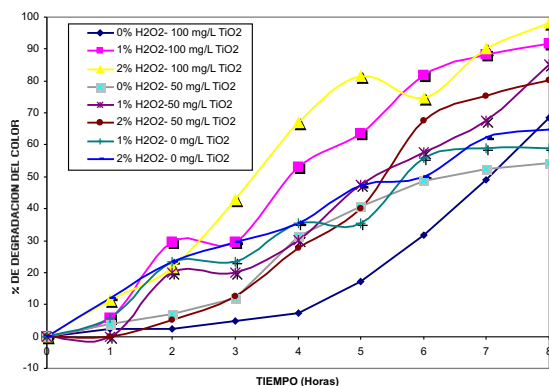


Gráfico 1. Comparación para los ensayos con TiO₂ y peróxido con colector solar

Otro análisis que se realizó para la degradación del colorante fue el COT los resultados obtenidos se muestran en la gráfica 2. Al comparar los resultados para las concentraciones de dióxido de titanio de 50 mg/L y diferentes concentraciones de peróxido de hidrógeno se puede identificar que la presencia de peróxido modifica notoriamente el porcentaje de degradación aumentándola favorablemente, con lo que se puede identificar la importancia de la combinación del TiO₂ y del H₂O₂, para las concentraciones de 1 y 2% de H₂O₂ se puede establecer que son relativamente similares los resultados obtenidos y en general se puede concluir que se obtienen degradaciones de más ó menos 75% en ambos casos.

Para el ensayo donde se obtuvo la máxima degradación para una concentración de 100 mg/L de TiO₂ y 2% v/v de H₂O₂ en el menor tiempo se presenta una disminución continua en el porcentaje de COT mostrando que efectivamente las sustancias contaminantes son degradadas y las restantes son convertidas en otras menos contaminantes.

En el gráfico 2 se observa que para los mejores ensayos con concentraciones de 100 mg/L de TiO₂ y 1% v/v ($y = -4.42x + 53.83$) y 2% ($y = -5.79x + 53.45$) v/v de peróxido de hidrógeno, la concentración del COT disminuye, en cambio, para los demás ensayos presenta altibajos.

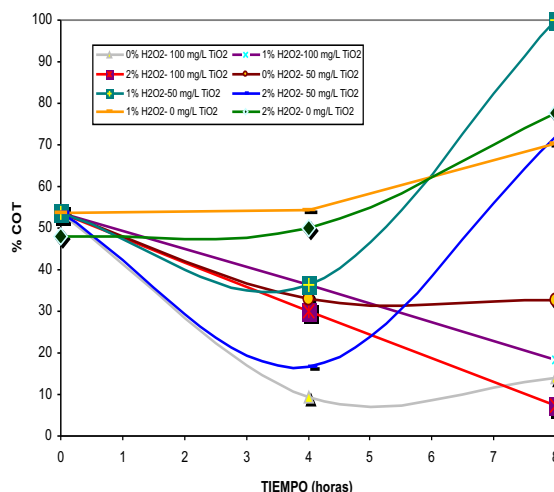


Gráfico 2. Variación del COT para los diferentes ensayos con colector solar y dióxido de titanio

En la gráfica 3 se muestran los comportamientos del porcentaje de degradación para cada uno de los factores considerados, pudiéndose resaltar que para cualquier nivel del factor TiO_2 se genera la misma degradación promedio con una alta variabilidad y que la presencia de H_2O_2 asegura una mayor degradación.

En el gráfico 3 se observa que la presencia de H_2O_2 hace que la degradación se favorezca. En cuanto a los niveles de TiO_2 que se adicionen parece que la mejor combinación de TiO_2 y H_2O_2 es 100 mg/L, 2% v/v respectivamente, y que ésta se diferencia de todas las demás que tienen valores muy similares.

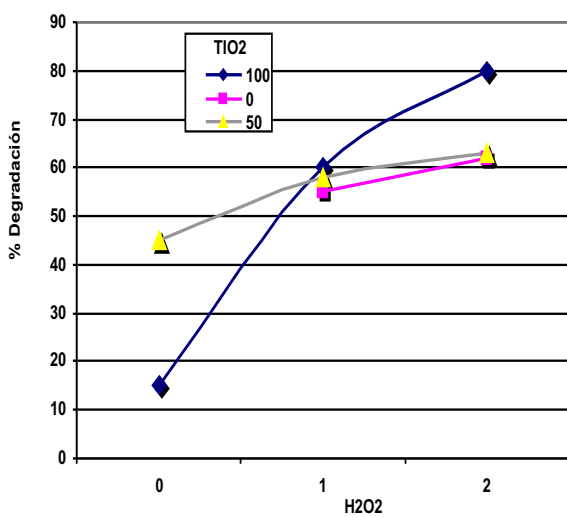


Gráfico 3. Efecto del H_2O_2 sobre la degradación del colorante

Conclusión

A partir del análisis de los resultados se identifica que el efecto del peróxido sobre la degradación del colorante es significativa, generando mayor efecto al ser incrementado.

Referencias

1. GARCES GIRALDO, Luis F. Fotocatálisis con TiO_2 de los colorantes azul de metileno y naranja reactivo 84 utilizando colector solar. Medellín, 2003; 208 p. Tesis de maestría (Ingeniería Ambiental). Universidad de Antioquía. Facultad de ingeniería.
2. MANSILLA, H. et al. Tratamiento de residuos líquidos de la industria de celulosa y textil. En: Eliminación de contaminantes por fotocatalisis heterogénea. La Plata: Red CYTED VII-G;2001. p.60-84.
3. BUMPUS, Jhon. et al. Remediation of water contaminated with an azo dye: an undergraduate laboratory experiment utilizing an inexpensive photocatalytic reactor. En: Journal of Chemistry Education. Vol 76. No. 12 (December, 1999).
4. DOMÉNECH, X. y otros. Procesos avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes. En: Eliminación de contaminantes por fotocatalisis heterogénea. La Plata: Red CYTED VII-G. p.14.
5. ABDELKAHHARAGUEDACH et al. Photocatalytic degradation of azo-dyes reactive black 5 and reactive yellow 145 in water over a newly deposited titanium dioxide. En: Applied Catalysis B: Environmental. Vol. 57 (2005). p. 55–62
6. WRIGHT H, CAIMS W. Desinfección de agua por medio de Luz Ultravioleta. [Citado:01/02/2005]. URL disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/acrobat/ultravio.pdf>
7. HOYOSO, ALVAREZ E. Propuesta para la prevención y reducción de contaminantes a las aguas residuales en una planta de teñido de hilos e hilazas. Medellín: Servicio Nacional de Aprendizaje. Centro Nacional Textil; Febrero de 1999.