



I CONGRESO CHILENO DE INGENIERÍA AMBIENTAL EN SISTEMAS ACUÁTICOS, CChIASA

DESARROLLO DE UN MATERIAL HÍBRIDO FOTOACTIVO A PARTIR DE LODOS DE AGUAS RESIDUALES PARA LA FOTO-DEGRADACIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS EN AGUAS

MAIBELIN ROSALES^{1,2}
ANDREINA GARCÍA²

RESUMEN EXTENDIDO

En la actualidad se presentan graves problemas de contaminación de los sistemas acuíferos principalmente por descargas industriales, donde los compuestos orgánicos son uno de los residuos más peligrosos y difíciles de remover. Dentro de los contaminantes orgánicos comúnmente más encontrados en los cuerpos de agua se encuentran los colorantes, los cuales provienen principalmente de industrias como la textil, papel, impresión, plástico, cuero, cosméticos, representando un serio problema de contaminación, ya que contienen grupos aromáticos que son de gran preocupación ambiental debido a sus propiedades cancerígenas y mutagénicas.

La fotocatalisis heterogénea empleando un sólido semiconductor como fotocatalizador se ha convertido en un método de oxidación avanzada eficiente para degradar este tipo de contaminantes, con la posibilidad de emplear luz solar como fuente de energía. Estos semiconductores se caracterizan por poseer una estructura electrónica de bandas, conformada por una banda de valencia (BV) y una banda de conducción (BC), que le permite generar pares electrón/hueco (e^-/h^+), cuando un fotón con una energía $h\nu$ igual o mayor que la energía de banda prohibida (E_g) del semiconductor es absorbido por este, y un electrón de la BV es excitado y promovido a la BC, dejando un h^+ en la BV, y un e^- excitado en la BC, como se puede observar en la figura 1. En la superficie del semiconductor se inician reacciones redox interfaciales entre las especies químicas adsorbidas y los pares e^-/h^+ , generando especies reactivas de oxígeno como radicales $\bullet OH$, con suficiente reactividad para entrar en contacto con los contaminantes a través de la interface sólido-líquido y proceder a su degradación [1,2].

El TiO_2 es un semiconductor ampliamente utilizado en reacciones fotocatalíticas. Sin embargo, presenta una serie de limitaciones como son: baja área superficial, recombinación

¹Departamento de Ciencia de los Materiales, FCFM, Universidad de Chile, Santiago, Chile / email de contacto: maibelin.rosales@amtc.uchile.cl

²Advanced Mining Technology Center (AMTC), Universidad de Chile, 8370451, Santiago, Chile / email de contacto: andreina.garcia@amtc.uchile.cl

de e^-/h^+ y absorción de luz en el rango UV, limitando su aplicación en presencia de luz solar. Para dar solución a estas limitaciones muchos estudios han sido llevados a cabo para mejorar estas propiedades y aumentar su eficacia en el tratamiento del agua. Muchos se basan en el aumento del área superficial del sólido, dopaje del semiconductor y/o combinarlo con materiales porosos co-adsorbentes, como los carbones activados [3-6]. Con esto último, se pretende evitar la recombinación de e^-/h^+ , y aumentar su capacidad de adsorción, lo que incrementa su actividad fotocatalítica.

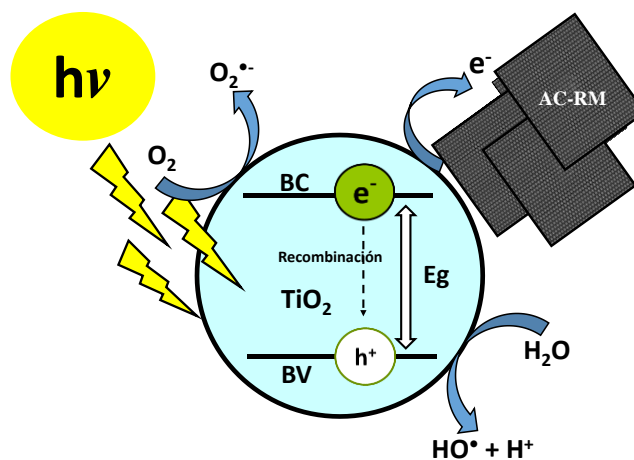


Figura 1. Mecanismo del proceso fotocatalítico e interacción entre TiO_2 y AC_{RM}

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue desarrollar un material híbrido fotoactivo a partir de la combinación de co-adsorbentes producidos desde lodos de aguas residuales junto con el TiO_2 , para ser utilizados en procesos de fotodegradación de contaminantes orgánicos. Un material orgánico/inorgánico híbrido (AC_{RM}) fue preparado a través de la carbonización de lodos de las aguas residuales de una planta de tratamiento de aguas residuales, y posteriormente tratado por 1h bajo flujo de CO_2 , y como sólido semiconductor se empleó TiO_2 comercial (Degussa P25). El compuesto híbrido denotado TiO_2-AC_{RM} se preparó añadiendo los dos sólidos, bajo agitación continua en 125 mL de una solución de 25 ppm de azul de metileno (AM) y las muestras fueron mantenidas en oscuridad por 60 min hasta alcanzar el equilibrio de adsorción. La degradación de AM se estudió bajo dos lámparas diferentes (lámpara de Hg y de haluro metálico, para simular luz UV y UV-Visible). Un experimento en ausencia de semiconductor fue llevado a cabo, para controlar el experimento. En la figura 2 es posible observar el sistema de reacción fotocatalítico empleado.

El material se caracterizó por XRD, FTIR, área superficial BET y SEM-EDX, para determinar su morfología, estructura cristalina, grupos funcionales y composición química. Los resultados de fotodegradación del contaminante utilizando el compuesto binario (TiO_2-AC_{RM}) se compararon con los obtenidos empleando el TiO_2 comercial. El material híbrido exhibe una textura mesoporosa, mientras que los resultados de XRD y SEM-EDX mostraron presencia de Fe_2O_3 y Fe_3C . Nuestros resultados indican, que en presencia de TiO_2-AC_{RM} , el tiempo de desaparición del contaminante fue más corto con respecto a TiO_2

solo, logrando degradar completamente el contaminante en 60min de irradiación, mientras que el TiO_2 logra degradarlo tras 360min de irradiación, como es posible observar en la figura 2 [6]. Los resultados sugieren que las fases de hierro presentes en el material híbrido favorecen al TiO_2 en la fotodegradación del contaminante orgánico bajo irradiación de luz visible, ya que a través de los átomos de oxígeno del TiO_2 se transfieren electrones a los átomos de hierro del co-adsorbente, favoreciendo la generación de mayor cantidad de especies reactivas de oxígeno, que entran en contacto con el contaminante degradándolo en tiempos más cortos [6]. Por lo que podemos concluir que es posible obtener un material a partir de desechos de una planta de agua residual, que permite mejorar las capacidades del TiO_2 en la degradación fotocatalítica de contaminantes orgánicos.

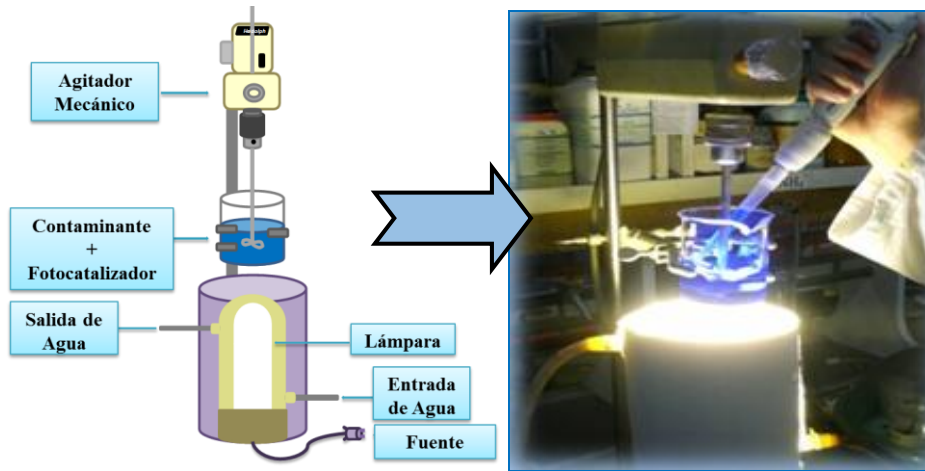


Figura 2. Sistema general de reacción de degradación fotocatalítica.

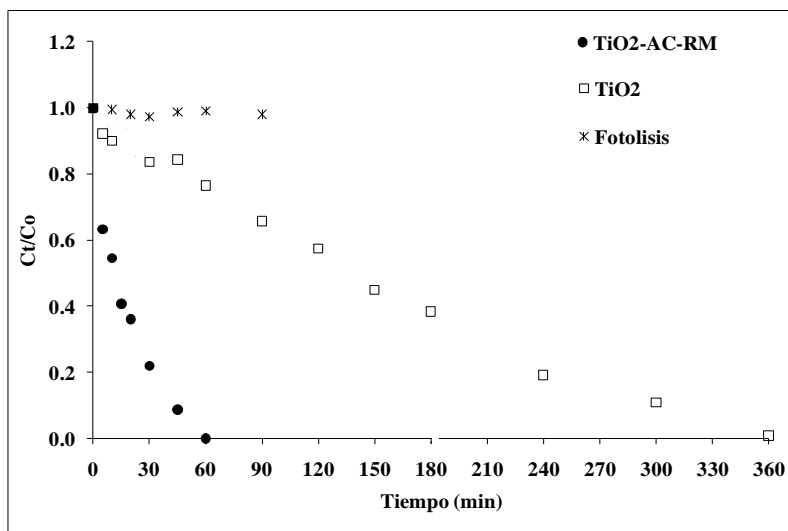


Figura 2. Cinética de degradación de AM en presencia de TiO_2 -AC, bajo irradiación con luz UV-Vis.



Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen a CONICYT, Beca Doctorado Nacional 2015 y a Proyecto FONDEF ID15I10086.

Referencias

- [1] Malato, S., Fernández-Ibáñez, P., Maldonado, M. I., Blanco, J. Gernjak, W., 2009. Decontamination and disinfection of water by solar photocatalysis: Recent overview and trends. *Catalysis Today*, 147 (1): 1-59.
- [2] Hoffmann, M. R., Martin, S., Choi, W., and Bahnemann, D. W., 1995. Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis. *Chemical Reviews*, 95: 69-96.
- [3] Matos, J., García, A., Cordero, T., Chovelon, J-M., Ferronato, C., 2009. Eco-friendly TiO₂-AC Photocatalyst for the Selective Photooxidation of 4-Chlorophenol. *Catalysis Letters*, 130 (3): 568-574.
- [4] Zoltan, T., Rosales, M, Yadarola, C., 2016. Reactive oxygen species quantification and their correlation with the photocatalytic activity of TiO₂ (anatase and rutile) sensitized with asymmetric porphyrins. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4: 3967-3980.
- [5] García, A., Quintero, Y., Vicencio, N., Rodríguez, B., Ozturk, D., Mosquera, E., Corrales, T. P., Volkman, U. G., 2016. Influence of TiO₂ nanostructures on anti-adhesion and photoinduced bactericidal properties of thin film composite membranes. *RSC Advances*, 6 (86): 82941-82948.
- [6] Matos, J., Rosales, M., García, A., Nieto-Delgado, C., Rangel-Mendez, J. R., 2011. Hybrid photoactive materials from municipal sewage sludge for the photocatalytic degradation of methylene blue. *Green Chemistry*, 13: 3431-3439.