

## **Eliminación de diclorometano del aire vía fotocátalisis heterogénea**

**Nocetti, Emanuel.**

*Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química, INTEC (CONICET-UNL). Güemes 3450, Santa Fe, Argentina.<sup>1</sup>*

Área: Ingeniería Ambiental

### **INTRODUCCIÓN**

La contaminación del aire interior es un problema importante en la actualidad. Las personas pasan la mayor parte de su tiempo en lugares cerrados y están expuestas a una amplia variedad de productos químicos, entre ellos los compuestos orgánicos volátiles (COVs) (Jones, 1999). Con el fin de reducir los niveles de exposición a COVs, se podrían aplicar Tecnologías Avanzadas de Oxidación, de probada eficacia en el tratamiento del aire. En particular, la fotocátalisis heterogénea ha sido aplicada con éxito en el control de contaminantes del aire (Boonen et al., 2014).

El diclorometano ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) es uno de los contaminantes del aire interior más típicos y por lo general sus concentraciones son mayores que en el exterior (Nero, 1998). El diclorometano (DCM) se puede encontrar tanto en entornos domésticos como industriales, ya que se utiliza en la elaboración de muchos productos (como removedor de pintura, en productos farmacéuticos y como solvente) y en productos de consumo, como aerosoles, productos de limpieza, desodorantes de ambiente, etc. La diversidad de su aplicación implica que el DCM puede liberarse al medio ambiente en cantidades significativas.

Existen investigaciones que estudiaron la degradación fotocatalítica del DCM. Abu Bakar et al. (2010) estudiaron catalizadores de  $\text{TiO}_2$  para la eliminación de DCM e hidrocarburos clorados similares. Yu et al. (2012) estudiaron la fotodegradación de DCM en diferentes medios de reacción y detectaron pequeñas cantidades de intermediarios orgánicos; con base en esos hallazgos experimentales, propusieron un mecanismo de degradación. Por otra parte, la identificación y cuantificación de cantidades significativas de intermediarios estables fue llevada a cabo por Borisch et al. (2004).

### **OBJETIVO**

El presente trabajo se centra en la eficiencia de la eliminación de DCM del aire en reactores de pared fotocatalítica. El objetivo de este trabajo es evaluar el desempeño de diferentes reactores de malla utilizando  $\text{TiO}_2$  como fotocatalizador y lámparas UV para la eliminación de DCM.

### **METODOLOGÍA**

Las corridas experimentales se llevaron a cabo en un reactor de flujo continuo, de un paso. El reactor se construyó en acrílico transparente a radiación UV y contiene dentro una malla recubierta con  $\text{TiO}_2$ . El mismo se encuentra confinado entre dos conjuntos de lámparas UV (Sylvania F15W T12) que proporcionan un flujo de radiación uniforme a cada lado.

Las mallas utilizadas como soporte del catalizador son de acero inoxidable (20 mesh). Las superficies de los soportes fueron de  $150 \text{ cm}^2$  y  $225 \text{ cm}^2$ . El catalizador fue inmovilizado mediante una serie de ciclos de inmersión en una suspensión de  $\text{TiO}_2$

---

<sup>1</sup> Proyecto "Evaluación y Control de la Calidad de Aire en Interiores". CAID 2011 UNL. N° PJ 50120110100027LI . Director del proyecto: Claudio Passalía. Director del autor: Claudio Passalía, co-Director: Rodolfo Brandi.

Aeroxide ® P25 (Evonik) en agua destilada de 50 g/L. Estos ciclos involucraron los siguientes pasos:

1. Inmersión de la malla en  $\text{TiO}_2$  durante un 1 minuto
2. Extracción a velocidad controlada (aprox. 10 cm/min)
3. Soplado con pistola de calor
4. Secado en estufa (80 °C 1 hora)
5. Calcinación a 300 °C durante 5 horas.

Para la obtención de una corriente de DCM en aire generada en línea se preparó una mezcla en un cilindro de gas. Para esto se realizó vacío en el tubo y luego se colocó una alícuota de DCM líquido (Sintorgan, grado reactivo) a través de la válvula de ingreso. Finalmente se presurizó el tubo con aire mediante un compresor hasta lograr una presión de 120 psi. La Figura 1 presenta un esquema del sistema de reacción utilizado.

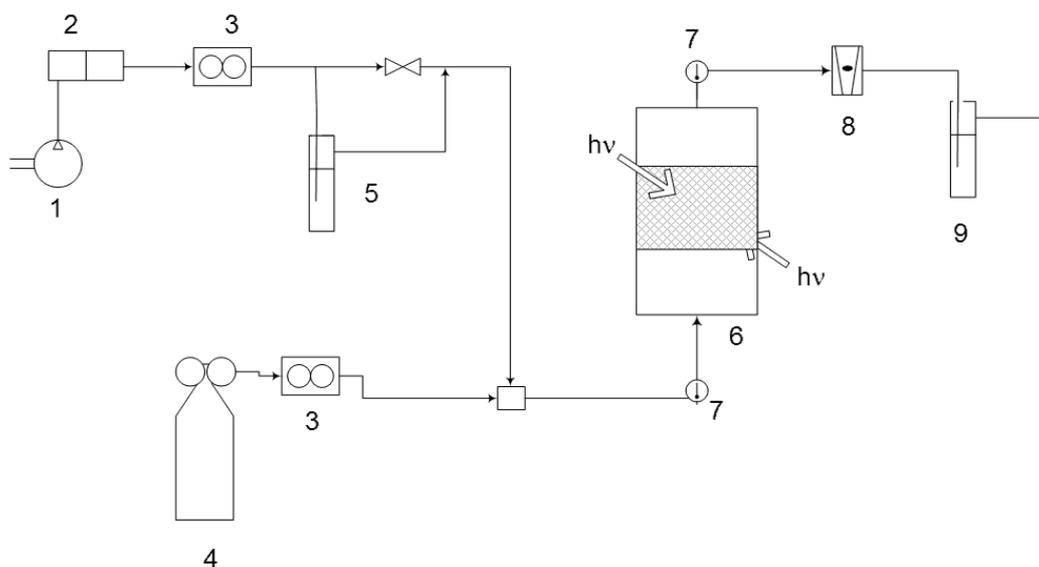


Figura 1: Configuración del sistema de reacción. 1) compresor de aire; 2) columnas de sílica gel y carbón activado; 3) controlador de flujo; 4) DCM en mezcla de aire; 5) humidificador; 6) fotorreactor; 7) puerto de muestreo; 8) caudalímetro de área variable; 9) frasco lavador

El caudal total, la concentración de entrada de DCM, y el nivel de radiación UV se modificaron en las distintas corridas con el objeto de determinar la influencia en la conversión lograda en el reactor.

Las concentraciones de DCM a la entrada y a la salida del reactor se determinaron mediante cromatografía gaseosa con detector de ionización de llama. Se empleó un cromatógrafo HP 5890 que fue operado en modo splitless utilizando nitrógeno como carrier; con el inyector a 250°C, el detector a 170 °C y el horno a 40 °C. Previamente a esto se realizó la correspondiente curva de calibrado, para la cual se utilizó un método de static headspace chromatography a partir de diluciones sucesivas de un muestra de concentración conocida de DCM en agua.

## RESULTADOS

El procedimiento de inmovilización del catalizador alcanzó una carga final de 1,5  $\text{mg}/\text{cm}^2$ , con lo que se logra recubrir la superficie del soporte en su totalidad y uniformemente.

En las corridas experimentales realizadas se utilizaron caudales de 1 y 2 L/min, niveles de radiación UV de 100, 60, 40 y 20%, donde el 100% corresponde a 28  $\text{W}/\text{m}^2$  con

longitudes de onda comprendidas entre los 300 y 400 nm, y diferentes concentraciones de contaminante que van desde las 15 ppm hasta las 100 ppm aproximadamente. La Tabla 1 muestra un resumen de datos obtenidos en las corridas experimentales.

Tabla 1: Resumen de corridas experimentales

| #corrida | Q (L/min) | UV (%) | Área (cm <sup>2</sup> ) | DCM ingreso (ppm) | Remoción (%) |
|----------|-----------|--------|-------------------------|-------------------|--------------|
| 1        | 1         | 100    | 150                     | 34                | 23           |
| 2        | 1         | 100    | 225                     | 35                | 54           |
| 3        | 1         | 40     | 150                     | 30                | 13           |
| 4        | 2         | 100    | 150                     | 15                | 27           |

Se puede observar que el porcentaje de remoción aumenta conforme aumenta el nivel de radiación UV y cuando menor es la concentración inicial de DCM. Se comprobó la factibilidad de la destrucción fotocatalítica de DCM en fase gaseosa. El cloroformo (CHCl<sub>3</sub>) fue el único intermediario estable identificado en los cromatogramas. La Figura 2 muestra la información obtenida de una corrida típica, la cual se corresponde con la corrida 1 de la Tabla 1.

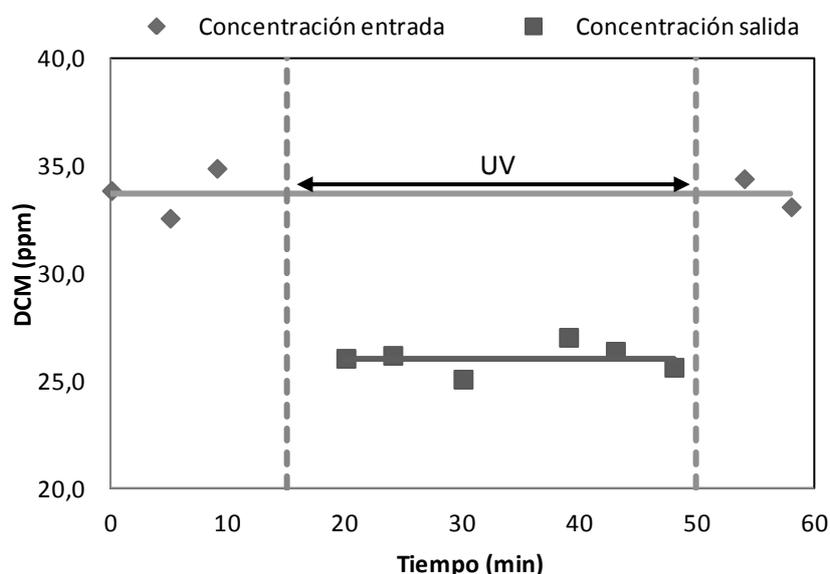


Figura 2: Corrida típica (#1 de la Tabla 1)

En la Figura 3 se presenta una gráfica de la velocidad de remoción de DCM para una corrida de 35 ppm de DCM en el ingreso del reactor, utilizando un soporte de 225 cm<sup>2</sup> y un caudal total de 1 L/min, en función a los distintos niveles de radiación UV. La misma forma parte de un trabajo presentado en IOA World Congress & Exhibition<sup>2</sup>. A partir de los parámetros obtenidos del modelo ajustado, se observa que la dependencia de la velocidad de remoción con la radiación se encuentra entre los dos casos teóricos límites de orden 1 y 0,5.

<sup>2</sup> Coated Mesh Reactor for the Elimination of Gaseous Pollutants Via Heterogeneous Photocatalysis. Claudio Passalía, Emanuel Nocetti, Orlando Alfano, Rodolfo Brandi. IOA World Congress & Exhibition, Barcelona, Spain – 28 June – 3 July, 2015

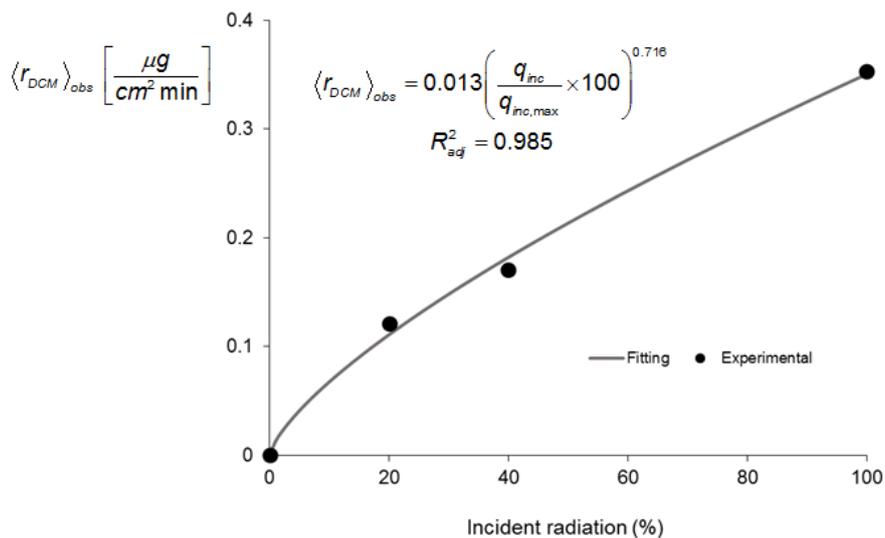


Figura 3: Velocidad de remoción de DCM en función de niveles de radiación UV.

## CONCLUSIONES

Los ensayos realizados arrojaron resultados parciales que indican la factibilidad de la destrucción fotocatalítica de DCM en fase gaseosa en un reactor continuo de malla. Se obtuvieron niveles de conversión aceptables y se encontró una dependencia de remoción con el nivel de radiación. El cloroformo fue el único intermediario estable identificado.

Este estudio está destinado a ser un punto de partida hacia el modelado de la cinética intrínseca de destrucción DCM. Se aspira a realizar un cambio de escala para el tratamiento de mayores caudales de aire.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abu Bakar, W., Ali R., Othman M.**, 2010. Photocatalytic degradation and reaction pathway studies of chlorinated hydrocarbons in gaseous phase, *Transactions C: Chemistry and Chemical Engineering*, 17(1), 1-14.
- Boonen E., Beeldens A.**, 2014. Recent Photocatalytic Applications for Air Purification in Belgium. *Coatings* 4, 553-573.
- Borisch J., Pilkenton S., Miller M., Raftery D., Francisco J.**, 2004. TiO<sub>2</sub> photocatalytic degradation of dichloromethane: an FTIR and solid-state NMR study, *Journal of Physical Chemistry B*, 108, 5640-5646.
- Jones A.**, 1999. Indoor air quality and health. *Atmospheric Environment* 33, 4535-4564.
- Nero A.V. Jr.**, 1998. Controlling Indoor Air Pollution, *Scientific American* 258(5), 42-48.
- Yu J., Chen J., Feng L., Jiang Y., Cheng Z.**, 2012. Conversion characteristics and mechanism analysis of gaseous dichloromethane degraded by a VUV light in different reaction media, *Journal of Environmental Sciences*, 24 (10), 1777-1784.