

CONTROL DE MOHOS AMBIENTALES A TRAVÉS DE PINTURAS FOTOCATALÍTICAS

Marchetti Sofía Vanesa

Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas- UNL;
Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC-UNL-CONICET)

Área: Ingeniería
Sub-Área: Ambiental
Grupo: X

Palabras clave: Pinturas Fotocatalíticas; *A. niger*; Descontaminación.

INTRODUCCIÓN

La calidad de aire en ambientes interiores es un tema de interés en los últimos tiempos ya que juega un papel muy importante sobre la salud humana. Diversos microorganismos pueden producir bioaerosoles en ambientes interiores representando un riesgo para las personas que lo habitan. Un caso particular y muy común, es la problemática de la formación de mohos en ambientes cerrados, sin ventilación y con altos niveles de humedad (Sivasubramani et al., 2004).

La fotocatalisis heterogénea es una tecnología alternativa para la descontaminación química y biológica tanto de aire como de agua. Los semiconductores fotocatalíticos más estudiados son los óxidos metálicos y los calcogenuros. Entre ellos, el dióxido de titanio (TiO_2) es el más extensamente utilizado debido a sus apropiadas características como fotocatalizador (Hoffman et al., 1995): es barato, no tóxico, muy estable químicamente y posee una alta eficiencia fotocatalítica.

La principal ventaja de la fotocatalisis heterogénea es que logra mineralizar por completo a estos compuestos, produciendo sustancias inocuas.

Sin embargo, el TiO_2 únicamente puede ser activado por radiación UV (280-400 nm). Para extender el empleo de la fotocatalisis heterogénea a la región de luz visible, es necesario prolongar la absorción de radiación del TiO_2 a longitudes de onda correspondiente al espectro visible (400-700 nm). En el mercado ya es posible encontrar algunos tipos de dióxido de titanio modificado para aplicaciones de fotocatalisis con luz visible.

Uno de los mohos ambientales no patógenos más ampliamente utilizado como testigo para evaluar las propiedades antifúngicas de diferentes fotocatalizadores es *Aspergillus niger* (Vohra et al., 2006; Pigeot-Remy et al., 2013; Chen et al., 2009).

OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo es estudiar la capacidad de inactivación de mohos ambientales mediante la aplicación de una pintura fotocatalítica formulada con TiO_2 modificado con poder de absorción de radiación en el espectro visible. Se propone evaluar diferentes condiciones ambientales sobre el poder fungicida de la pintura diseñada, tales como humedad relativa, tipo de iluminación (visible, UV y ausencia de radiación), y flujo de radiación incidente sobre las superficies pintadas.

METODOLOGÍA

• **Preparación de muestras:** Se evaluaron dos composiciones de pinturas: i) Rutilo (blanco de reacción) en la que se emplea TiO_2 no fotocatalítico de la forma cristalina rutilo; y ii) Fotocatalítica que posee TiO_2 modificado dopado con carbono y que presenta también actividad en el espectro de radiación visible. Ambas pinturas poseen la siguiente composición: agua (30%), TiO_2 (rutio o fotocatalítico) (18%), CaCO_3 (18%), resina (33%) y dispersante (1%).

El recubrimiento de las superficies a evaluar (placas de vidrio) para la inactivación del agente biológico se llevó a cabo mediante el método de dip-coating. Con este método de aplicación de pinturas se logran superficies homogéneas. La masa de pintura por unidad de área depositada sobre las placas se determinó por diferencia de pesada de un número significativo de placas, obteniéndose un promedio de $2,29 \text{ mg/cm}^2$ para la pintura fotocatalítica y $2,59 \text{ mg/cm}^2$ para la pintura con rutilo. La pintura fotocatalítica requiere una activación de su componente activo por radiación con luz ultravioleta, por lo que a las placas recubiertas se las cura por 24 hs con luz UV antes de cada ensayo. El mismo procedimiento se hace con la pintura Rutilo.

• **Contaminante biológico modelo y método de cuantificación:** Se utilizó como microorganismo modelo conidios de *Aspergillus niger* (cepa ATCC 16404). El mismo se cultiva en medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (APD) en estufa a 28°C durante 3 a 5 días en ambiente aeróbico y en ausencia de luz. Además, para el recuento de los microorganismos viables, luego del tratamiento de irradiación, se coloca la placa pintada y los microorganismos en un tubo con agua de peptona (0,1%) y se agita a 250 rpm durante 3 minutos. Luego, a partir de este tubo se realizan las diluciones seriadas necesarias y se plaquean en APD en superficie por duplicado para poder contar entre 15 y 150 Unidades Formadoras de Colonia (UFC) por placa.

• **Fotorreactor a escala laboratorio:** Para llevar a cabo la evaluación del rendimiento fotocatalítico de las pinturas con TiO_2 modificado se cuenta con un fotorreactor de laboratorio (Figura 1). Este dispositivo experimental es irradiado con lámparas que emiten en el espectro de radiación visible y UV, y cuenta con la capacidad de controlar la humedad relativa y el nivel de irradiación.

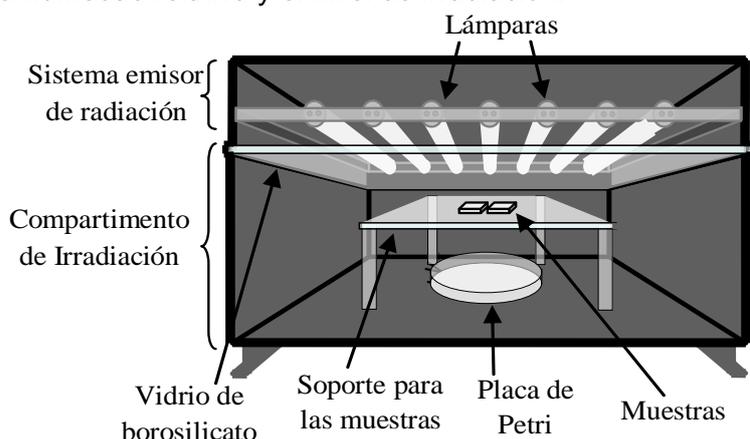


Figura 1: Esquema del dispositivo experimental.

• **Estudio experimental de la inactivación del moho ambiental.** Se realizó el estudio experimental de la inactivación del microorganismo seleccionado en el fotorreactor de laboratorio empleando las superficies recubiertas con las pinturas fotocatalítica y con TiO_2 rutilo. Para esto, se depositó una alícuota del moho en estudio sobre la superficie recubierta, y luego de diferentes tiempos de irradiación, se realizó el recuento de los microorganismos viables.

• **Evaluación del impacto de las condiciones ambientales sobre la inactivación del agente biológico.** Se evaluó la influencia de diferentes condiciones de operación

sobre la reacción de inactivación, como humedad relativa, tipo de iluminación (visible, UV y ausencia de radiación), y flujo de radiación incidente sobre las superficies pintadas.

• **Análisis teórico de datos.** Los resultados experimentales se ajustaron mediante una ecuación de inactivación exponencial considerando una cinética de primer orden, como se muestra a continuación:

$$N = N_0 e^{(-kt)} \quad (1)$$

donde N es la concentración de conidios viables [UFC/ml], N_0 es la concentración inicial de conidios [UFC/ml], t es el tiempo de irradiación [días], y k es la constante aparente de inactivación [días⁻¹].

RESULTADOS

Las primeras experiencias tuvieron como objetivo determinar la existencia del poder fungicida de las formulaciones elaboradas en ausencia de radiación. Estos resultados pueden observarse en la Figura 2 a), donde al cabo de una semana de ensayo en condiciones de oscuridad de las placas conteniendo conidios de *A. niger* no hubo una disminución apreciable de las unidades formadoras de colonias.

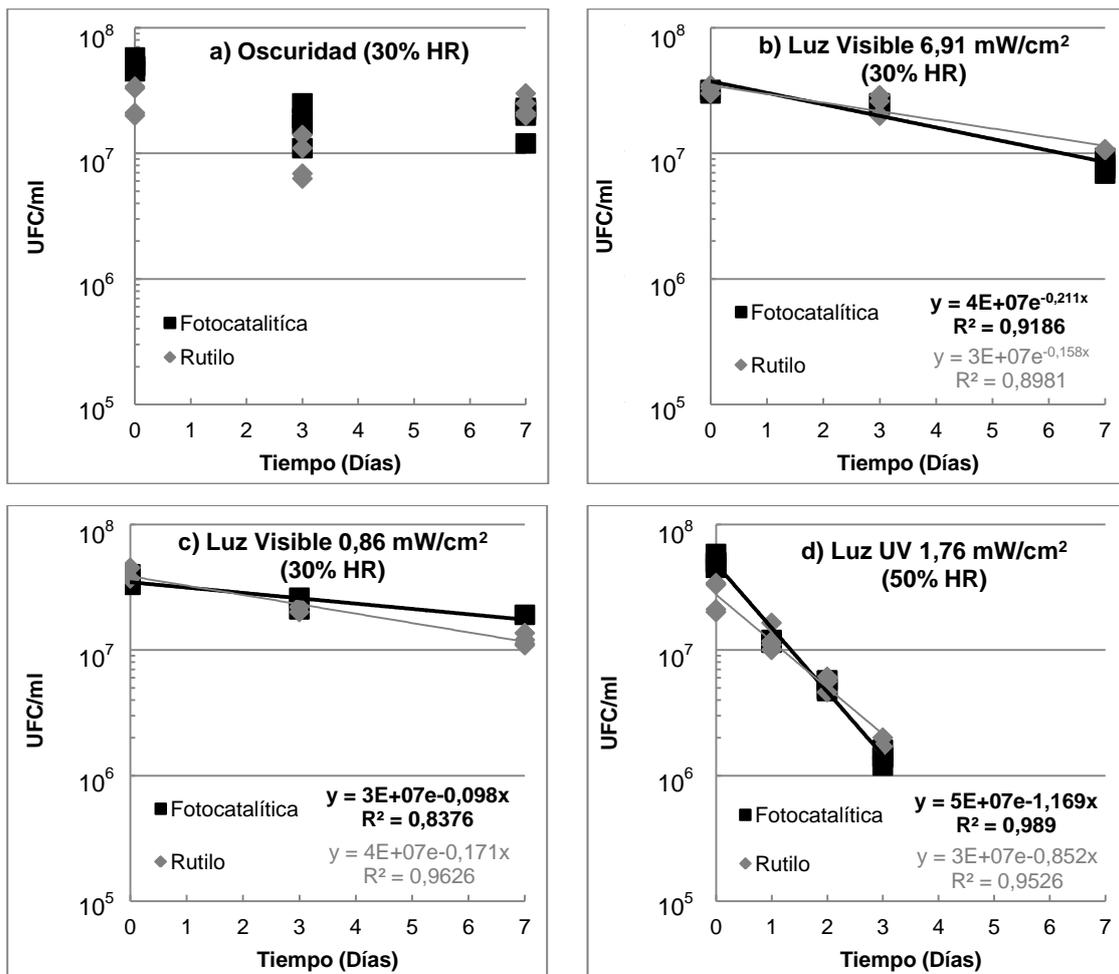


Figura 2: Inactivación de conidios de *A. niger* sobre la pintura fotocatalítica y pintura normal con TiO₂ rutilo bajo diversas condiciones de iluminación.

Luego se continuaron con los ensayos con radiación visible utilizando lámparas fluorescentes de iluminación de ambientes interiores. Después de siete días de ensayo, se obtuvo una disminución del 74,8% del contenido de conidios depositados inicialmente en las muestras de pinturas fotocatalíticas irradiadas con el 100% de nivel de luz visible (Figura 2 b). Para la pintura con TiO₂ rutilo se observó una inactivación similar aunque menor. Esto pone en evidencia que existe un mecanismo de inactivación del microorganismo bajo condiciones de irradiación para ambas superficies tratadas, y que el proceso fotocatalítico con luz visible no es significativo.

En la Figura 2 c), al disminuir el nivel de irradiación a un 12,5% a través de la colocación de filtros neutros, se observa una disminución de la inactivación de los conidios para ambas formulaciones. Esto confirma las conclusiones extraídas anteriormente de que existe una disminución de los conidios viables relacionada con la presencia de radiación y no debido a una oxidación fotocatalítica.

Por otro lado, al estudiar el impacto de la humedad ambiente sobre el poder fungicida de la pintura desarrollada, se encontró una inactivación de *A. niger* similar tanto para una humedad relativa del 30% (Figura 2 b) como para un 50 % (resultados no mostrados).

Finalmente, se evaluó el poder fungicida de las superficies elaboradas con condiciones de irradiación UV. Debido al alto poder oxidante que posee el TiO₂ en el espectro de radiación UV, en la Figura 2 d) se observa una muy elevada velocidad de inactivación del microorganismo con la pintura fotocatalítica, generando un mayor porcentaje de inactivación que utilizando luz visible a los 3 días. Además, si bien la pintura con rutilo también presenta un nivel de inactivación importante, este es menor al de la pintura fotocatalítica (con un constante de inactivación 1,36 veces más baja). Por lo tanto, bajo estas condiciones de irradiación el poder fungicida se puede atribuir a un proceso fotocatalítico de la pintura formulada con TiO₂ fotoactivo.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos hasta el momento ponen en evidencia una mayor inactivación de los conidios (estructuras de resistencia de *A. niger*) cuando se utiliza la pintura con TiO₂ fotocatalítica bajo condiciones de luz UV.

Se observó que en oscuridad, ambas formulaciones, fotocatalítica y rutilo, no presentan actividad fungicida. Sería interesante probar más condiciones (temperatura, flujo de radiación, humedad) para evaluar la capacidad del catalizador estudiado, así como también las características de resistencia de *A. niger*.

Con radiación visible, si bien no se llegaron a resultados que demuestren el poder fungicida del TiO₂ modificado, se plantean experiencias futuras que puedan ayudar a dilucidar el papel del catalizador como elemento de descontaminación de ambientes interiores utilizando el espectro visible.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Sivasubramani S.K., Niemeier T.T., Reponen T., Grinshpun S.A., 2004. Assessment of the aerosolization potential for fungal spores in moldy homes, *Indoor Air*, 14(6) 405–12.

Hoffmann M.R., Martin S.T., Choi W., Bahnemann D.W., 1995. Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis, *Chem. Rev.* 95, 69-96.

Vohra A., Goswami D.Y., Deshpande D.A., Block S.S., 2006. Enhanced photocatalytic disinfection of indoor air, *App.Catal. B: Environ.*, 65, 57–65.

Pigeot-Remy S., Reala P., Simoneta F., Hernandezd C., Vallet C., Lazzaronie J.C., Vacherd S., Guillard C., 2013. Inactivation of *Aspergillus niger* spores from indoor air by photocatalytic filters, *App. Catal. B: Environ.*, 134-135, 167-173.

Chen F., Yang X., Wu Q., 2009. Antifungal capability of TiO₂ coated film on moist wood, *Build. Environ.*, 44, 1088–1093.