



Encuentro
de JÓVENES
INVESTIGADORES

DESINFECCIÓN DE AIRE UTILIZANDO SISTEMAS DE FILTRACIÓN FOTOCATALÍTICA DE BAJO COSTO Y ALTA EFICIENCIA

Ballespin, Sofía Valentina

Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (UNL).

Director/a: Brandi, Rodolfo

Codirector/a: Labas, Marisol

Área: Ingeniería

Palabras clave: Fotocatálisis heterogénea, bioaerosoles

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la contaminación del ambiente y sus respectivas consecuencias, representa unos de los principales problemas de la sociedad. Una de las consecuencias más notables es el aumento de enfermedades. Entre los causantes de las mismas, se encuentran las propagadas por los llamados bioaerosoles, definidos como partículas con presencia de actividad biológica (Martínez M., 2018), constituyendo una de las principales amenazas a la salud mundial. Los microorganismos patógenos se transmiten y transportan a través de gotas suspendidas en el aire, pudiendo así pasar de organismo en organismo.

Las costumbres actuales del ser humano de permanecer en ambientes cerrados y seguros por diferentes motivos, requiere de métodos y tecnologías modernas, accesibles, seguras y eficientes para eliminar estos patógenos y otros contaminantes potenciales.

Uno de los métodos más usados y efectivos es la desinfección por fotocátalisis heterogénea, utilizando radiación UV germicida, un medio filtrante y dióxido de titanio como catalizador (TiO_2), (Dionysiou D. & Byrne J., 2017).

La fotocátalisis heterogénea se basa en que cuando un semiconductor, como el dióxido de titanio es irradiado por radiación UV de un determinado rango de longitudes de onda, este es activado, generando pares de electrones-huecos (Bertagna Silva D., 2021). Estas especies intervienen en reacciones produciendo especies altamente reactivas como radicales $\bullet\text{OH}$. Estos radicales, reaccionan con compuestos en las membranas bacterianas llevando a daños letales y hasta la lisis de los patógenos.

OBJETIVOS

- Llevar a cabo el estudio del proceso y la determinación experimental de parámetros cinéticos de la reacción de desinfección de aire, mediante la realización de corridas experimentales en un dispositivo de configuración simple y el modelado matemático computacional del sistema reaccionante.
- Estudiar la combinación de procesos avanzados de oxidación con procesos tradicionales de captura, tal el caso de un sistema de filtración combinado con fotocátalisis heterogénea para la remoción e inactivación de microorganismos presentes en aire, utilizando materiales de bajo costo, comercialmente disponibles y que presenten una alta eficiencia de desinfección.

Título del proyecto: Diseño Óptimo de Dispositivos e Intensificación de Procesos Avanzados de Oxidación Para la Descontaminación de Aire y Agua. (CAI+D 2020 - 50620190100162L)

Instrumento: CAI+D

Año convocatoria: 2020

Organismo financiador: UNL

Director/a: Brandi, Rodolfo

METODOLOGÍA

En el presente trabajo de investigación se propuso comparar como medio filtrante tres tipos de filtros (un filtro industrial (HEPA), un filtro de aspiradoras domésticas y un filtro de uso en laboratorios, cuya composición principal es borosilicato). Como microorganismo modelo se utilizó la cepa *Escherichia coli* (ATCC® 8739), la cual es indicadora de contaminación fecal y puede encontrarse aerosolizada. Como fotocatalizador se usó dióxido de titanio Aeroxide® P25, que ha demostrado su alta eficiencia en ensayos experimentales en otras aplicaciones. Como medios de cultivo, el utilizado para el crecimiento bacteriano fue el Caldo Nutritivo (Biokar), este es un medio no selectivo utilizado para el crecimiento de bacterias. También, se utilizó Agar EMB, un medio adecuado para la búsqueda y diferenciación de bacilos entéricos, a partir de muestras clínicas, aguas servidas, y otros materiales, (Flores M., 2014).

El dispositivo experimental utilizado, representado en la figura 1, consta de un fotorreactor simple con forma de caja y caras laterales abiertas. Dentro del mismo, se encuentra un sistema emisor de radiación con un total de cinco lámparas UV-Actínicas (Sylvania F15WT12, 15 Watts) con λ máx = 365nm, con el objetivo de aportar un flujo uniforme de radiación sobre la bandeja en la que se colocan los filtros a ensayar.

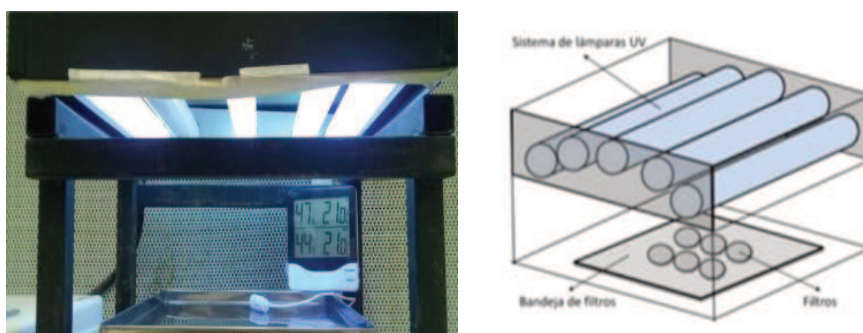


Figura 1. Dispositivo experimental

Como primer ensayo para comparar la eficiencia de filtración de los distintos medios filtrantes se analizaron sus morfologías mediante análisis de imágenes obtenidas con un microscopio electrónico de barrido (SEM).

Para la determinación de la actividad fotocatalítica de los filtros, el ensayo experimental típico de velocidad de inactivación consistió en sembrar los filtros (con y sin depósito) con una determinada dosis de solución con la bacteria a estudiar. También se sembraron en dos cajas de petri con agar EMB, 100 μ L de la solución bacteriana, con el objetivo de comparar el crecimiento de las placas con los filtros a tiempo "inicial o 0". En esta etapa del trabajo, en primera instancia se utilizaron filtros de aspiradoras, por el hecho de ser los más atractivos al conseguirse fácilmente además de tener un muy bajo costo a comparación de los otros dos filtros.

Los filtros de aspiradora se diferenciaron según el tiempo de residencia a permanecer en el reactor (Figura 2), teniendo: T_0 (concentración inicial, no expuesta a radiación) 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos. A modo de control, sobre la parte superior del reactor, se colocaron filtros con y sin depósito durante 30 minutos.

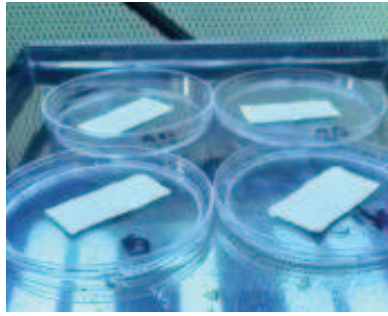


Figura 2. Filtros en el dispositivo experimental

Luego de ser colocados en el fotorreactor con las lámparas UV previamente encendidas, se mantuvieron las condiciones de humedad mediante un dosificador cada 2 minutos. Una vez pasado el tiempo estipulado para cada filtro, se retiraron del reactor, se colocó con la ayuda de una jeringa (previamente esterilizada) agar EMB líquido, y se envió a estufa de incubación a 37°C, durante 24 horas. (Figura 3)

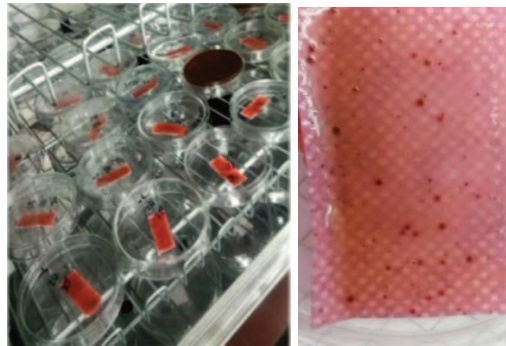


Figura 3. Filtros con y sin depósitos cubiertos por EMB y crecimiento de bacterias sobre los filtros.

Al pasar el tiempo de incubación, se sacaron cuidadosamente de la estufa y se procedió a contar el número de unidades formadoras de colonias (UFC) por cm² en cada filtro y en las cajas de Petri (cm³).

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En el primer ensayo, mediante SEM (Figura 4), las imágenes del filtro HEPA y del filtro de laboratorio de borosilicato mostraron una estructura típica de filtros de muy alta eficiencia (grupos de tres tamaños de fibras). El filtro de aspiradora muestra una estructura distinta con prácticamente un tamaño de las fibras, compatible a filtros de alta eficiencia.

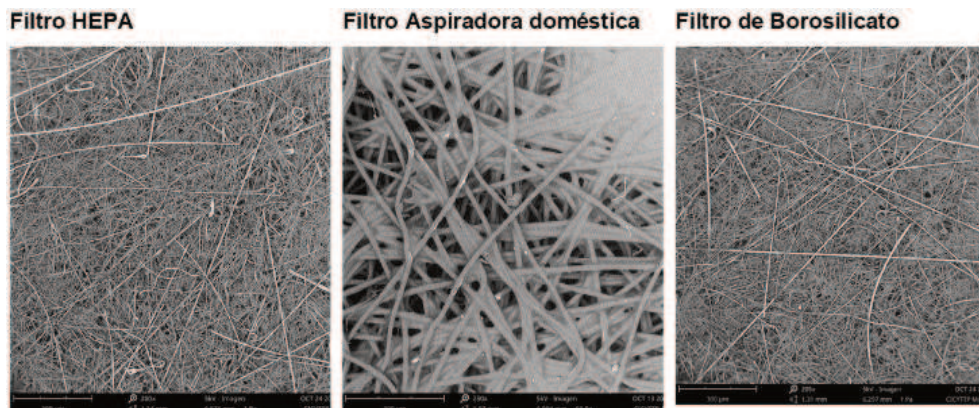


Figura 4. Material filtrante utilizado. Ampliación 200x. Microscopio SEM (Phenom World Pro). Imágenes tomadas en el Centro de Investigación Científica y de Transferencia Tecnológica a la Producción (Diamante, Entre Ríos)

En los ensayos de inactivación de los filtros de aspiradora se contabilizaron las unidades formadoras de colonias por unidad de área a distintos tiempos durante las corridas. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 5.

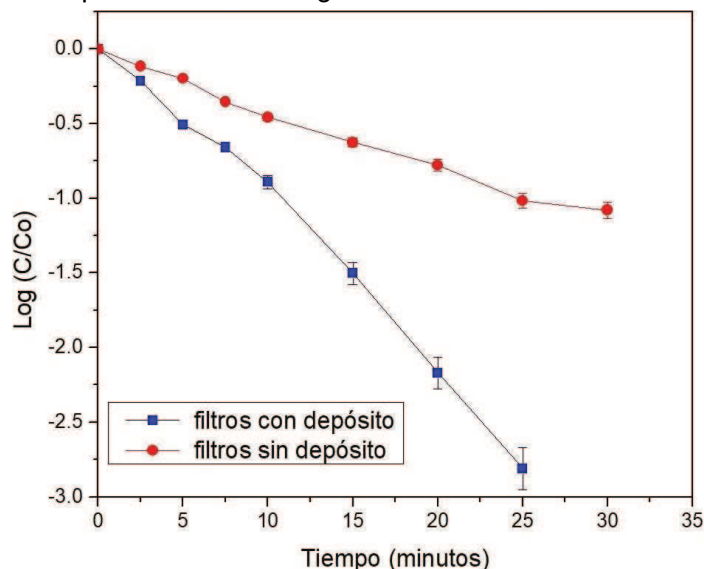


Figura 5. Curvas de inactivación, filtros (con y sin depósito) expuestos al UV

De la figura en escala logarítmica, por la forma lineal de la evolución de la concentración de bacterias, puede predecirse que el proceso cumple con una cinética de pseudo-primer orden. Se pudo observar que al utilizar los filtros con depósitos se logró la inactivación prácticamente completa (2.5 log) de los microorganismos sembrados, en tanto en los filtros sin recubrir, se obtuvo solamente un 0.9 log de descenso.

En este estudio experimental, la fotocatalisis heterogénea demostró ser un proceso efectivo en la inactivación de *E. coli*, lográndose un nivel de inactivación mayor que cuando solo se utiliza fotólisis (filtros sin depósitos sometidos a la acción del UV). Con estos resultados parciales, la fotocatalisis heterogénea se presenta como una tecnología factible de ser utilizada en la desinfección de bioaerosoles patógenos.

Actualmente se están realizando ensayos de inactivación con los filtros de borosilicato y HEPA para un estudio comparativo. Con los resultados completos de todas las corridas experimentales se determinará la velocidad de desinfección y se modelará mediante una expresión cinética sencilla.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Bertagna Silva, D., Buttiglieri, G., Babić, S. 2021. State-of-the-art and current challenges for TiO₂/UV-LED photocatalytic degradation of emerging organic micropollutants. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 28,103–120

Martínez M., Passalía C., Brandi R., Labas M. 2018. Dose Estimation Methodology for the UV Inactivation of Bioaerosols in a Continuous-Flow Reactor. *Aerosol Science and Technology.*

Dionysiou D. & Byrne J., 2017, Electrochemical Enhancement of Photocatalytic Disinfection on Aligned TiO₂ and Nitrogen Doped TiO₂ Nanotubes. *Molecules* 22(5), 704.

Flores, M. (2014) Desinfección de Aguas con un agente oxidante y su combinación con UV. Estudio cinético. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Litoral.