

FOTOCATÁLISIS: I+D QUE CONTRIBUYE A LA CALIDAD DEL AIRE Y LA SALUD COLECTIVA

La fotocatalisis en construcción podría ser considerada como una medida complementaria para la mejora de la vida de los ciudadanos, por sus múltiples capacidades -descontaminantes, autolimpiantes, antimoho, antialgas, bactericidas, virucidas y desodorizantes-, como argumenta profusamente la AIF en las páginas del 'Libro Blanco de la Fotocatálisis', lanzado recientemente por esta asociación con la pretensión de facilitar un documento que sirva de referencia a la hora de prescribir o contratar un material fotocatalítico. En el contexto actual, el potencial de esta tecnología cobra aún mayor relevancia: algunas investigaciones ya apuntan la posibilidad de que sea capaz de destruir los "aerosoles" contaminados por virus -como el Covid-19- en espacios interiores.

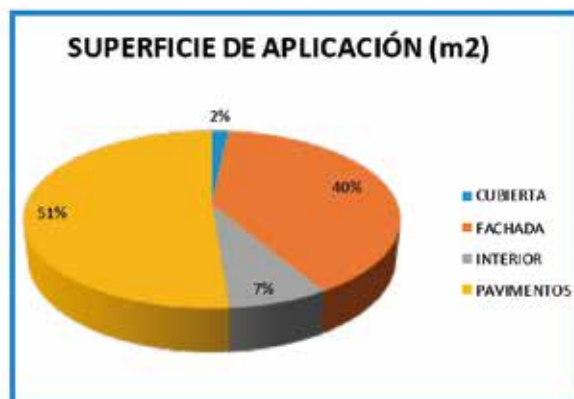
123RF

En el tercio final del siglo XX, la fotocatalisis era una tecnología prácticamente desconocida en gran parte del mundo y, por supuesto, en Europa. Solo Japón, gracias al gran crecimiento económico vivido entre los años 60 y 80 (conocido como el "Milagro Japonés"), pudo desarrollar ampliamente esta tecnología y aplicarla con carácter general a sus infraestructuras.

A principios del siglo XXI, la fotocatalisis se comenzó a desarrollar en Europa, pero no fue hasta la primera década del año 2000 cuando se comenzaron con las primeras aplicaciones. El caso más destacado es el de Italia, que contaba

por decenas sus aplicaciones en construcción durante esos primeros años. Posteriormente, otros países como Alemania, Francia, España y Dinamarca tomaron la iniciativa. Especial mención merece España que durante la década de 2010 ha llevado a cabo numerosos proyectos de investigación, cuyo objetivo fue aumentar el conocimiento en las condiciones de aplicación de la tecnología fotocatalítica, así como establecer protocolos de medida de su eficiencia. España, por su gran cantidad de horas de radiación solar, se sitúa como uno de los países del mundo con mayor potencial de aplicación de estas tecnologías.

"Sin embargo, el desconocimiento de esta tecnología, por parte de numerosas administraciones públicas y privadas, la ausencia de protocolos de actuación y medición de su eficiencia, el intrusismo de empresas fraudulentas que comercializan productos fotocatalíticos sin realmente serlo y el coste de estos nuevos materiales hacen que el mercado no esté suficientemente maduro en la actualidad", como subrayan desde la Asociación Ibérica de la Fotocatálisis (AIF), que junto con otros centros tecnológicos lleva trabajando varios años en tratar de establecer un protocolo de actuaciones encaminadas a dar la



Aplicaciones declaradas por los fabricantes que forman parte de AIF, discriminadas por año y por tipo de elemento constructivo, en España, entre los años 2008 y 2019. Cabe señalar que las aplicaciones en interior están únicamente asociadas al sector de la edificación.

mayor información posible al consumidor final, a identificar productos fraudulentos del mercado y a estimular a los prescriptores a propósito de las ventajas del uso de estas tecnologías. En esta línea cabe enmarcar el reciente lanzamiento del 'Libro Blanco de la Fotocatálisis' (cuya versión digital puede descargarse en la web de la AIF), elaborado por esta asociación con la pretensión de facilitar un documento que sirva de referencia a la hora de prescribir o contratar un material fotocatalítico y como respuesta a las demandas del mercado para actualizar y dar continuidad a la 'Guía Práctica de la Fotocatálisis Aplicada a Infraestructuras Urbanas' que ya publicara en el Congreso Nacional de Medio Ambiente en el año 2012. Como señala el profesor Akira Fujishima, expresidente de la prestigiosa Universidad de Ciencias de Tokio y actual director del Centro Internacional de Fotocatálisis, en el prólogo del nuevo documento, la fotocatálisis está presente ya en muchos de los elementos urbanos que componen nuestra cotidianidad, tanto en espacios exteriores como interiores. "Y desde ellos ejerce sus funciones benéficas de mejora de la calidad del aire y autolimpieza de edificios, contribuyendo a la higiene y la salud colectiva".

Eliminación de contaminantes

La importancia científica y tecnológica de la fotocatálisis está muy reconocida a día de hoy, al ser un proceso que permite llevar a cabo reacciones químicas a presión y temperatura ambiente y utilizando la luz como fuente de energía. Entre las posibles aplicaciones, la elimi-

nación de contaminantes en agua y aire ha sido históricamente la más investigada y es de hecho la única, junto con la muy relacionada de desinfección y autolimpieza de superficies (pavimentos, revestimientos, envoltantes, cubiertas, etc.), las que han encontrado hasta el momento un mercado más maduro. Cuando los contaminantes orgánicos (y algunos inorgánicos) entran en contacto con la superficie del fotocatalizador, y en presencia de luz UVA, son oxidados hasta formar CO₂ (en concentraciones mínimas), agua y sales inorgánicas, es decir, son mineralizados. La fotocatálisis heterogénea se enmarca, de hecho, en los llamados "procesos avanzados de oxidación", cuyo objetivo es precisamente la mineralización de contaminantes para su eliminación.

Como revela la lectura de los gráficos de esta página, se corresponde con un mercado desconocido dentro de los gestores de infraestructuras, prescriptores y sociedad, en general, y por tanto, con reducida demanda en la actualidad. Si bien también se puede observar una curva de tendencia claramente ascendente, que se inicia en el año 2016 y que espera rondar los 200.000 metros cuadrados en 2020.

Aplicaciones en interiores

La aplicación más habitual de la fotocatálisis en interiores es la eliminación de contaminantes orgánicos, (COVs, compuestos orgánicos volátiles o, en inglés, VOCs, volatile organic compounds), así como de otros contaminantes que, aunque están presentes en muy bajas concentraciones, contribuyen a largo plazo al denominado "síndrome del edificio enfermo".

En hoteles, tiendas y residencias particulares pueden aplicarse productos fotocatalíticos ya existentes en el mercado, fundamentalmente pinturas y baldosas, puesto que sus características hacen favorable la incorporación del fotocatalizador en su composición, pero también otros materiales como, por ejemplo, textiles para cortinas. Por otra parte, existen también en el mercado equipos de purificación de aire para interiores que incorporan filtros fotocatalíticos y lámparas UV, y que incluyen la posibilidad de recirculación del aire para favorecer el proceso.



La versión digital del 'Libro Blanco de la Fotocatálisis' ya puede descargarse libremente en la web de AIF.

Las aplicaciones en interiores están basadas en la capacidad de descomposición que tiene la tecnología fotocatalítica sobre la materia orgánica. Este efecto es el que evita la adherencia de la suciedad (orgánica) sobre los paramentos verticales en interiores y exteriores, de manera que permiten mantener la estética del material fotocatalítico aplicado a lo largo del tiempo, en comparación con un material convencional, disminuyendo, por tanto, los costes de conservación y mantenimiento (demora en el tiempo las campañas de limpieza -normalmente costosa por el uso de andamios colgados- o repintados). De la misma forma, aprovechando este efecto se emplea para combatir los malos olores (especialmente en espacios confinados: habitaciones de fumadores de hoteles, aparcamientos subterráneos, cocinas, restaurantes, cuartos de basura, etc.), para reducir la capaci-

dad de formación de moho y algas, y también como bactericida, en espacios interiores comunes, tales como centros sanitarios, las oficinas o el propio hogar.

Revestimientos fotocatalíticos y calidad del aire

Por otro lado, con la eficiencia energética en los edificios a la cabeza de la agenda política europea, Bruselas es sin duda el lugar donde mayor conciencia hay sobre la importancia de generar edificios con alto rendimiento energético. No obstante, como apuntan en su 'libro blanco' desde la AIF, "solo una minoría de la población mundial es consciente de que la calidad del aire en espacios interiores es un serio problema que debe abordarse con urgencia, por las graves consecuencias que tiene sobre la salud". Según figura en la documentación pública de la web del proyecto de cuatro años (2013-2017) ECO-SEE (www.eco-see.eu), el aire interior de los edificios podría estar entre dos y cinco veces más contaminado que en el exterior, debido a la presencia de contaminantes como los compuestos orgánicos volátiles (COV), liberados por muebles, productos de limpieza y textiles. También el moho y las bacterias resultantes de niveles excesivos de humedad son habituales en baños y cocinas.

En reconocimiento de este problema, la Comisión Europea ha apoyado una serie de proyectos de investigación que desarrollan materiales ecológicos para mejorar la calidad ambiental interior, como es el caso de ECO-SEE, que se propuso desarrollar y evaluar el desempeño de materiales innovadores de construcción ecológica, entre los que estaban las aplicaciones fotocatalíticas para interiores. Financiado con fondos comunitarios, ha desarrollado recubrimientos higrotérmicos que regulan los niveles de humedad relativa y la temperatura, materiales de aislamiento biológicos modificados para capturar los VOC y recubrimientos fotocatalíticos para eliminar los contaminantes interiores utilizando fuentes de luz visibles. Además, como estos materiales son naturales, la energía incorporada para producirlos es muy baja y al final de su vida útil pueden eliminarse de forma segura o, incluso reciclarse.

Los resultados del proyecto se mostraron en un taller final en Bruselas el 29 de junio de 2017. Los socios desarrollaron un panel de pared "multifuncional", que integraba varios de los materiales ecológicos mejorados durante el proyecto, para mostrar el potencial de estos materiales cuando se combinan. El panel estuvo en exhibición durante el evento, habiendo completado recientemente pruebas a escala real con demostradores en el Reino Unido y en España. Las principales conclusiones fueron las siguientes:

- 60% de mejora en la resistencia térmica y 80% de mejora en el rendimiento de amortiguación de la humedad de los revoques de arcilla;
- 180-720% de mejora en el potencial de captura de COV del aislamiento de lana de oveja;
- Desarrollo de revestimientos fotocatalíticos para la eliminación de contaminantes orgánicos (COV) bajo fuentes de luz visible. De hecho a día de hoy, según se

INTERÉS CRECIENTE

La tecnología fotocatalítica aplicada al sector de la construcción lleva más de 40 años al servicio del ciudadano en el país pionero en su desarrollo, Japón. En Europa, por su parte, se han llevado a cabo decenas de proyectos de investigación en las últimas dos décadas, con el objetivo de aumentar el conocimiento en su comportamiento a futuro, así como desarrollar distintos mecanismos que valoren su eficiencia. Fruto de estas investigaciones ya hay varias administraciones públicas españolas que han mostrado su interés en las tecnologías fotocatalíticas, incluyéndolas dentro de los pliegos de condiciones de proyectos y obras, así como de estimular su inclusión dentro de los criterios de sostenibilidad ambiental puntuables en las licitaciones públicas. Tal es el caso de los ayuntamientos de Madrid, Barcelona y Málaga. De igual modo, cada vez más las ingenierías, los estudios de arquitectura y los departamentos de Responsabilidad Social Corporativa de las grandes compañías multinacionales demandan materiales que incorporan un alto valor añadido, como los fotocatalíticos, para su aplicación en sus diseños e instalaciones. Sin embargo, como subraya la AIF en las páginas de su 'Libro Blanco de la Fotocatálisis', hay que tener en cuenta que "no todo vale para todo". A través de este documento, la asociación pone de manifiesto la importancia de tener en cuenta los criterios de diseño y aplicación, y de establecer los mecanismos de control necesarios para evaluar o predecir el comportamiento de estos materiales: "A tal fin, y ante la ausencia de normativa que lo regule, se han elaborado en este documento, propuestas de protocolos para la compra de materiales fotocatalíticos, se han creado Certificados de Eficiencia de Producto y se han desarrollado herramientas de ayuda a selección de materiales fotocatalíticos, con la triple intención de minimizar el fraude de compañías que incluyen materiales fotocatalíticos en su catálogo, cuando en realidad no lo son, dar más información al cliente final de lo que está comprando, y de estimar sus capacidades, antes de iniciar el proceso de compra", subrayan.

establece en el apartado “Eco materiales en el mundo real” del Booklet ECO-SEE, ya se han instalado paneles fotocatalíticos en las oficinas centrales de una empresa en Reino Unido para mejora de la calidad del aire interior.

- Hasta un 50% de mejora en el rendimiento energético de la pared ECO-SEE en comparación con paneles convencionales, que se tomaron de referencia, donde se emplearon materiales de aislamiento tradicional y acabado estándar.

Aplicaciones en el ámbito sanitario

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las experiencias nacionales e internacionales y las crecientes demandas del mercado, parece claro que la fotocatalisis en construcción podría ser considerada como una medida complementaria para la mejora de la vida de los ciudadanos, por sus múltiples capacidades: descontaminantes, autolimpiantes, antimoho, antialgas, bactericidas, virucidas y desodorizantes.

Aparte de lo ya mencionado, en aplicaciones sanitarias existe la posibilidad de incorporar un material fotocatalizador en los materiales plásticos empleados en la fabricación de catéteres y otros utensilios sanitarios, de manera que se puede conseguir un efecto no solo autolimpiante en estos productos, sino también autodesinfectante, puesto que el efecto oxidante del fotocatalizador es capaz de inactivar bacterias y virus, como se ha demostrado en diversos estudios científicos. Esta aplicación, aún en proceso de desarrollo, ofrece un amplio nicho de mercado para los productos fotocatalíticos.

A la luz de la actual pandemia Covid-19, la pregunta de cómo limitar los brotes del virus en el futuro parece ser más relevante que nunca. La fotocatalisis con dióxido de titanio (TiO₂, en adelante) tiene el potencial de descomponer las moléculas orgánicas, que normalmente se ha venido utilizando para propósitos de autolimpieza y purificación del aire y del agua. De hecho, el TiO₂ también exhibe propiedades desinfectantes y muestra buenos resultados en la degradación de bacterias, hongos y también virus.

En este marco cabe destacar un proyecto de I+D de Aire Limpio -empresa referente en soluciones de filtración,

ventilación y purificación del aire interior- para la destrucción mediante fotocatalisis de los “aerosoles” contaminados por Covid-19 en hospitales y residencias, que ha conseguido la aprobación por parte del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) para ayudar a combatir la pandemia del coronavirus.

El CDTI financiará este proyecto de I+D presentado por Aire Limpio, junto con el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat), el Centro de Biología Molecular (CBM) y el Real Jardín Botánico (RJB) pertenecientes al CSIC “para la eliminación del virus SARS-CoV-2 mediante fotocatalisis asociada a los sistemas de tratamiento del aire de hospitales y residencias”.

“El objetivo del proyecto es destruir en minutos el SARS-CoV-2 suspendido en el aire interior -los llamados aerosoles-

de dependencias sanitarias y residencias, incorporando en los sistemas de acondicionamiento y distribución de aire, ya existentes, un sistema fotocatalítico eficiente que permita su tratamiento en continuo las 24 horas del día y en presencia de pacientes o personas de riesgo”, explica Fernando Feldman, coordinador general del proyecto y enlace con los centros de investigación. El proyecto, uno de los nueve elegidos por el CDTI de las más de 700 iniciativas presentadas en la convocatoria de “Proyectos de I+D y de inversión para hacer frente a la emergencia sanitaria declarada por la enfermedad Covid-19”, “contribuirá a reducir significativamente la transmisión del virus SARS-CoV-2 causante de la enfermedad Covid-19 en la actual pandemia, desarrollando una tecnología fotocatalítica de utilidad capaz de destruir y controlar la dispersión del virus que la origina en primera instancia



El CDTI financiará un proyecto de I+D presentado por Aire Limpio, junto con el Ciemat, basado en la eliminación del virus SARS-CoV-2 mediante fotocatalisis.

APLICACIONES MEDIOAMBIENTALES

Las aplicaciones medioambientales de la fotocatalisis se pueden resumir de manera general, según el 'Libro Blanco de la Fotocatalisis', de la siguiente forma:

- **Tratamiento de aire:** descontaminación del aire interior y exterior, eliminación de olores, eliminación del etileno formado en almacenes de frutas y verduras, remediación de suelos por desorción, reducción del polen, etc.
- **Tratamiento de aguas:** depuración o detoxificación de aguas para posterior tratamiento biológico, decoloración de efluentes, potabilización de agua, etc.
- **Superficies activas:** pavimentos, fachadas, cubiertas, telas (para toldos de viviendas y protección de obras de rehabilitación de fachadas), islas fotocatalíticas, y materiales autolimpiables, autoesterilizables, efecto biocida, o antivaho (*antifogging*) o antirreflejos (*antireflecting*).
- **Aplicaciones energéticas:** junto con la creciente preocupación por el agotamiento de los combustibles fósiles y la emisión de gases de efecto invernadero, las aplicaciones energéticas de la fotocatalisis han crecido en importancia científica en las últimas décadas. En este contexto, la fotocatalisis permite no solo la obtención de combustibles sostenibles a partir de materias primas renovables (CO₂, agua, biomasa) y energía solar, sino también el almacenamiento de esta última en forma de energía química. En otras palabras, la fotocatalisis ofrece un camino para desarrollar la fotosíntesis artificial. En cualquier caso, hasta el momento estas aplicaciones se encuentran en una etapa de desarrollo más próxima a la investigación y la demostración que a la entrada en el mercado.

Respuesta contra la infección por aerosoles

La fotocatalisis parte del principio natural de descontaminación de la propia naturaleza. Al igual que gracias a la luz solar la fotosíntesis es capaz de eliminar CO₂ para generar materia orgánica, la fotocatalisis elimina otros contaminantes habituales en la atmósfera, mediante un proceso de oxidación activado por la energía solar. Esta reacción fotoquímica convierte la energía solar en energía química en la superficie de un catalizador o sustrato, consistente en un material semiconductor que acelera la velocidad de reacción. Durante el proceso tienen lugar reacciones tanto de oxidación como de reducción que provocan de esta forma la eliminación de la mayor parte de los contaminantes, biológicos y químicos, existentes en el aire.

La tecnología propuesta por Aire Limpio ha sido desarrollada a partir de los cinco proyectos de investigación implementados con el Ciemat a lo largo de los últimos 15 años y que han demostrado la posibilidad de destruir bacterias y virus utilizando UVA + fotocatalizador en sustitución de las lámparas UVC. El proyecto, que incluye la construcción y evaluación de un prototipo diseñado para un entorno hospitalario, tiene previsto finalizar sus conclusiones en octubre de 2021.

Merece la pena destacar la gran mejora que han experimentado los materiales fotocatalíticos en los últimos años y lo prometedor que son sus resultados, aunque no siempre se hayan obtenido las mejoras deseadas en todos los ámbitos. En ese sentido, y como concluye la AIF en su libro blanco "está en la mano de todos los agentes involucrados la capacidad de sacar el máximo partido de estos nuevos materiales, en beneficio de toda la sociedad. En cualquier caso, es necesario que los fabricantes sigan trabajando sobre la eficiencia y durabilidad de estos productos (tanto en exterior, como en interior), que la comunidad científica siga avanzando en el desarrollo de tecnologías de medición y análisis más precisas y que las administraciones públicas estimulen su uso y conocimiento de manera determinante". ✍



Aire Limpio

El objetivo del proyecto liderado por Aire Limpio es destruir en minutos el SARS-CoV-2 suspendido en el aire interior, sirviéndose de un sistema fotocatalítico eficiente.

y las bacterias oportunistas que posteriormente contribuyen a mantener la enfermedad del paciente", según se indica en la memoria técnica. El proyecto recoge los mejores logros que la empresa Aire Limpio y la Unidad FotoAir del Ciemat han obtenido en los últimos 15 años de colaboración relacionados con el tratamiento de los contaminantes químicos y biológicos del aire interior. Para Feldman, "la puesta en el mercado de un equipo fotocatalítico capaz de destruir el SARS-CoV-2 mediante su incorporación como una etapa más en los sistemas de climatización y acondicionamiento de aire representa un incremento de seguridad frente a la pandemia. La posibilidad de eliminar el virus del aire interior de espacios cerrados puede permitir un descenso generalizado en el número de contagiados y, necesariamente, de fallecidos debido a la enfermedad". La instalación de este tipo de tecnologías, según el director del proyecto, "propiciará la reducción de contagiados y enfermos y traerá consigo una menor presión sobre las instituciones y demandas asistenciales".