

## La reacción buscada

**Una nueva generación de catalizadores permite plantear mejores procesos químicos de producción y reciclado**

Sólo en 2000 la Unión Europea produjo 20 millones de toneladas de plásticos. El 70% de ellos acabará su vida útil en el vertedero, pero no su «vida química»: los plásticos pueden tardar milenios en degradarse. Los catalizadores que desarrolla el grupo de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Rey Juan Carlos, pensados para favorecer reacciones químicas específicas, podrían contribuir a evitarlo.

MÓNICA G. SALOMONE

Los catalizadores son compuestos que facilitan las reacciones químicas. Las sustancias que deben reaccionar se enganchan químicamente a las paredes del catalizador y éste ayuda a modificar la estructura de las moléculas. En el mundo macroscópico un catalizador parecerá simplemente arena, pero a escala de nanómetros es un material lleno de «túneles», poroso, pensado para ofrecer mucha superficie disponible para que se adhieran —«adsorban», en términos técnicos— los reactivos. Si además el tamaño y la composición química de los poros pueden cambiarse a voluntad, para que se adecúen a las moléculas que deben reaccionar, los químicos habrán dado con su catalizador ideal.

Los materiales mesoestructurados del grupo de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Rey Juan Carlos, encabezado por Guillermo Calleja y codirigido por los cuatro catedráticos de Ingeniería Química del Departamento, cumplen esas cualidades. «Se trata de una nueva generación de materiales porosos, con una superficie específica que puede superar los 1000 metros cuadrados por gramo. Desde que se descubrieron hace más de una década, sus aplicaciones han crecido exponencialmente», explica Calleja. «La clave está en que los hacemos a medida. El tamaño del poro puede variar entre 2 y 30 nanómetros, lo cual permite que entre el tipo de molécula que tu quieras. Y la composición química también la definimos nosotros. Eso abre la puerta a una gran variedad de aplicaciones». Tantas y tan versátiles como la mente de un investigador creativo: podrían desde aumentar la eficacia de la síntesis de fármacos hasta destruir compuestos tóxicos o filtrar contaminantes atmosféricos. El secreto de estos materiales se esconde en su estructura a escala de nanómetros, esto es, de millonésimas de milímetro.

### Deshacer los plásticos

«A la química se le echa la culpa de los problemas ambientales», dice Calleja, «pero también resuelve problemas creados no sólo por ella». Una muestra es el reciclado químico de los plásticos. Actualmente sólo el 10 por ciento del plástico se recicla, y se hace «mecánicamente»: por ejemplo, fundiéndolo para volver a reutilizarlo como plástico. «Pero el producto resultante es de peor calidad», explica José Aguado, uno de los



Guillermo Calleja y David Serrano codirigen el grupo junto con otros dos catedráticos de Ingeniería Química del Departamento.

El reciclado químico descompone el plástico en sus sustancias químicas de origen, que pueden reutilizarse para producir nuevos plásticos y compuestos no plásticos con otras aplicaciones

[Ver ficha técnica](#)

miembros del grupo. «Un plástico reciclado mecánicamente sirve como contenedor de basura, pero no como envase de alimentos».

Una alternativa es el reciclado químico. Su objetivo es descomponer el plástico en sus sustancias químicas de partida, que pueden usarse para producir de nuevo plásticos de igual calidad pero también compuestos no plásticos con otras aplicaciones. Hay varias técnicas de reciclado químico, pero caras y muy poco extendidas. «Aunque cuando se habla de falta de rentabilidad se hacen mal los cálculos, porque no se contabilizan los costes para la sociedad de los daños ambientales», resalta Serrano.

El grupo de Ingeniería Química es pionero en aplicar a este problema los materiales mesoestructurados. «La idea es fabricar materiales con poros grandes, de forma que permiten la entrada de las moléculas, también grandes, de los plásticos», explica Serrano. La degradación del plástico tiene lugar en los poros. Por lo pronto, la técnica ha funcionado en el laboratorio, y Calleja es optimista: «Tiene todas las papeletas para convertirse en uno de los métodos de mayor interés en el futuro. Como concepto es ideal», afirma.

### Soportes porosos

Los materiales mesoestructurados también pueden servir de soporte al catalizador, en vez de ser el catalizador en sí. Es lo que ocurre con el óxido de titanio, un catalizador que facilita la destrucción con luz ultravioleta de compuestos tóxicos como el cianuro. Pero el óxido de titanio es un polvillo muy fino, que forma una masa difícil de filtrar una vez acabada la reacción. Los investigadores han recurrido a una ingeniosa solución: «recubrir» de óxido de titanio –el catalizador– las paredes de los poros de un material mesoestructurado –que en este caso sólo sirve de soporte– fabricado con óxido de silicio, o incluso preparar el propio óxido de titanio directamente con estructura mesoporosa, siendo en cualquier caso materiales que se eliminan más fácilmente. «Además conseguimos más superficie para la reacción de catálisis», señala Calleja.

El material mesoestructurado también sirve de soporte a catalizadores que facilitan reacciones de alto valor añadido, como las propias de la industria farmacéutica. En la síntesis de fármacos se requiere una alta pureza en los compuestos; suele además ser un proceso complejo, con muchos pasos. «Nuestros materiales contribuyen a que la reacción sea más selectiva, que se forme la molécula que se quiere y no otros productos secundarios. También, como el catalizador está soportado en un sólido, se recupera más fácilmente, lo que simplifica y abarata el proceso de síntesis», explica Rafael van Grieken, otro de los integrantes del grupo. El truco consiste, como en el caso del óxido de titanio, en anclar el catalizador a las paredes de los poros y fabricar éstos de tal manera que sólo permitan la entrada a las moléculas que deben reaccionar.

### El proceso inverso

Los materiales mesoestructurados no son sólo útiles para degradar plásticos; también pueden ayudar a fabricarlos. En concreto, plásticos de



Calleja y Serrano con dos jóvenes investigadoras de este grupo de la ESCET.

Los materiales mesoestructurados no sólo son útiles para degradar plásticos; también pueden ayudar a fabricar nuevos plásticos de alta calidad

[Ver ficha técnica](#)

alta calidad. En esta aplicación estos materiales «forman equipo» con otro tipo de catalizadores llamados «metallocenos», conocidos con anterioridad, pero poco utilizados industrialmente. Los metallocenos permiten crear plásticos de gran calidad, pero los fabricantes aún no pueden usarlos masivamente porque presentan el engorroso problema de su difícil eliminación: forman con el plástico una masa viscosa que se pega al reactor.

Como explica Serrano, los metallocenos permiten controlar mejor las propiedades de las moléculas del plástico, como su estructura o su peso molecular, lo cual permite fabricar plásticos de gran calidad. Por ejemplo un plástico de invernadero, que está sometido a una tensión, se romperá más fácilmente si tiene irregularidades en su estructura química. «Pero desde el punto de vista práctico es difícil emplear los metallocenos», aclara. «Nuestra idea es anclarlos a partículas de material sólido [el material mesoestructurado], para que el plástico crezca a su alrededor». El plástico se obtiene así en forma de partícula, no en una masa pegajosa.

### **Eliminar contaminantes**

Otra de las aplicaciones de materiales mesoestructurados que ensayará el grupo de Ingeniería Química es la eliminación (filtrado) y la recuperación de los llamados «compuestos orgánicos volátiles», generados por los disolventes y gasolinas y considerados muy tóxicos. «Queremos recuperar los compuestos orgánicos volátiles por adsorción, con materiales mesoestructurados», explica Calleja.

El concepto básico es instalar lechos de material mesoestructurado fabricado con el tamaño de poro y la naturaleza química correctas. «Por ejemplo interesa que no adsorban agua, porque si se trata de eliminar compuestos volátiles de la atmósfera y ésta contiene agua, el agua llena los poros y el espacio que se reservaba para «cazar» (adsorber) a los compuestos orgánicos volátiles queda ocupado». Estos lechos filtrarían los contaminantes y permitirían su recuperación en procesos como el llenado y vaciado de grandes tanques y, en general, en procesos donde se liberen grandes cantidades de estos compuestos.

### **Almacenar hidrógeno**

Este tipo de materiales mesoporosos, con otra composición química, también podría constituir una «excelente esponja» para absorber hidrógeno, resolviendo uno de los problemas clave en el uso de este elemento químico como combustible del futuro: su almacenamiento.

## **Materiales porosos fabricados a medida**

Los materiales mesoestructurados se construyen a base de un ingenioso proceso, simple pero delicado. Primero se construye el «esqueleto» del material, una red de moléculas que forman estructuras en anillo llamadas «micelas». Las moléculas para construir las micelas son compuestos orgánicos largos con grupos funcionales distintos en los extremos; al disponerse una junto a la otra forman círculos cerrados en los que los

[Ver ficha técnica](#)

grupos funcionales de un tipo quedan en la cara interna del anillo, y el otro en la externa. El tamaño del anillo depende del tipo de molécula inicial que forma la micela.

Sobre este esqueleto de micelas se depositan los óxidos de silicio, aluminio, titanio, circonio u otros materiales que constituyen el material mesoestructurado en sí. Las paredes de los tubos van ensanchando con estos óxidos, y cuando adquieren el tamaño deseado se eliminan las micelas por calor o con disolventes. El resultado es una estructura ordenada, de tamaño de poro regular y controlable. La composición química varía según las aplicaciones.

Este sistema confiere mucha especificidad a las reacciones: el tamaño del poro es ya de por sí selectivo –adaptado al tamaño de las moléculas que se desee dejar entrar–, pero además las reacciones tienen lugar sólo con las moléculas de la cara interna de los poros, que estará «tapizada» a voluntad con moléculas diferentes en cada caso. Con los átomos de aluminio, por ejemplo, se generan centros ácidos, lo que resulta esencial para controlar la acidez de un catalizador. O si la idea es utilizar el material como filtro adsorbente de compuestos, las paredes de los poros se harán de tal manera que «enganchen» a las moléculas que se desea retener.

#### **FICHA TÉCNICA**

Grupo de Ingeniería Química y Ambiental. Departamento de Tecnología Química, Ambiental y de los Materiales Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología (ESCET). Universidad Rey Juan Carlos. Tulipán s/n. 28933 Móstoles (Madrid)

**Tel.** 91 664.74.18 **Fax:** 91 664.74.90

**Correo electrónico:** [iqa@escet.urjc.es](mailto:iqa@escet.urjc.es) / [g.calleja@escet.urjc.es](mailto:g.calleja@escet.urjc.es)

**Web:** <http://www.escet.urjc.es/giqa>

#### **Personal:**

44 investigadores y técnicos a tiempo completo, de los que 4 son catedráticos de Ingeniería Química (Guillermo Calleja; José Aguado; Rafael van Grieken; David Serrano).

#### **Líneas de investigación:**

Síntesis de materiales mesoestructurados y sus aplicaciones en medio ambiente y procesos químicos de gran interés industrial.