

## PREMIO NOBEL DE QUÍMICA

# Los procesos catalíticos vistos con detalle atómico

Las investigaciones básicas de Gerhard Ertl sobre procesos en superficies sólidas tienen múltiples aplicaciones directas

NAZARIO AGUADO  
ENRIQUE GARCÍA MICHEL  
La Real Academia Sueca de Ciencias, con la concesión del Premio Nobel de Química de 2007 al alemán Gerhard Ertl, ha enviado un mensaje no sólo a la comunidad científica, sino también a aquellas administraciones que de forma contumaz se empeñan en insistir en una investigación sólo aplicada. La investigación básica y la aplicada configuran las dos caras de una misma moneda y, por tanto, son indisociables.

El profesor Ertl representa un caso paradigmático, ya que desarrollando una investigación básica sobre modelos catalíticos, ha conseguido aclarar procesos químicos fundamentales que posteriormente se han aprovechado en importantes aplicaciones sociales. Este estudio pionero en la caracterización de los procesos químicos elementales que tienen lugar en una reacción catalizada, se ha basado en el desarrollo de nuevas técnicas muy poderosas en el área de la física de superficies, así como en los avances teóricos en química computacional que las han acompañado.

Los catalizadores son sustancias capaces de acelerar las reacciones químicas y que permiten obtener productos químicos en grandes cantidades, algo que de otro modo sería imposible. A pesar de que la mayoría de los procesos químicos industriales se realizan en presencia de catalizadores, con frecuencia se desconoce cuál es el mecanismo detallado del funcionamiento de un catalizador, lo cual no impide su aplicación, pero sí dificulta su mejora. Este es el caso de una de las reacciones químicas catalizadas que más han contribuido a configurar el mundo moderno, el proceso Haber-Bosch para la síntesis de amoníaco (el

**El primer requisito era alcanzar un vacío comparable al que existe en el espacio**

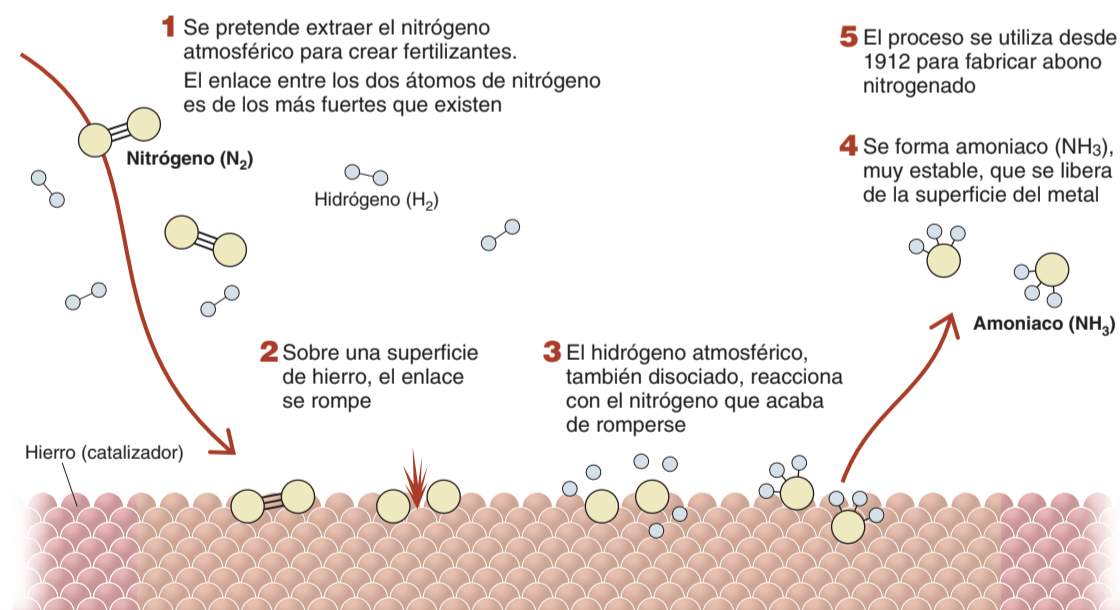
espíritu volátil de los alquimistas) a partir de hidrógeno y nitrógeno, patentado en 1910 por Fritz Haber (premio Nobel en 1918) y Carl Bosch (premio Nobel en 1931).

El descubrimiento genial de Haber y Bosch fue un catalizador formado por óxidos de hierro, de aluminio y de potasio, principalmente, que hizo viable industrialmente la reacción de síntesis del amoníaco. El amoníaco es una materia prima fundamental para la fabricación de fertilizantes así como por su uso en máquinas frigoríficas, colorantes y otras aplicaciones de interés social, lo que da idea de la trascendencia del proceso.

Tras 70 años de utilización industrial del proceso Haber-Bosch, los trabajos de Ertl demostraron en los años ochenta que la velocidad del proceso está limitada por la disociación de la molécula de nitrógeno y, ade-

## El proceso Haber - Bosch

El nitrógeno del aire se convierte en amoníaco mediante un catalizador de hierro. Es una reacción reversible que fue estudiada por primera vez en detalle por Gerhard Ertl.



Fuente: Fundación Nobel.

H. L. / EL PAÍS

más, que su fuerte enlace se debilita en la superficie de hierro debido a la intervención de los átomos de potasio. Finalmente, los átomos de aluminio facilitan que el hierro continúe activo. Todos estos elementos están presentes en el catalizador que descubrieron Haber y Bosch, y todos desempeñan un papel en algún paso de la reacción. La comprensión de los pasos atómicos de una reacción catalizada en una superficie es un logro formidable de Ertl.

Gerhard Ertl trabaja desde 1986 en el Instituto Fritz Haber de Berlín, que precisamente lleva el nombre del gran químico del siglo pasado. En los años setenta, Ertl y otros científicos,

entre los que destaca Gabor Somorjai, idearon una nueva forma de estudiar las reacciones catalizadas: como los catalizadores sólidos sólo pueden interactuar con los reactivos a través de su superficie, puede esperarse que a través del estudio de las reacciones químicas en las superficies sólidas podamos comprender el funcionamiento de los catalizadores.

La vida científica de Ertl ha estado marcada por el estudio de las superficies sólidas con el objetivo de entender los mecanismos atómicos y moleculares que intervienen en una reacción catalizada, y la comprensión de los mismos ha sido su mayor éxito científico. En vez de estudiar

catalizadores reales con propiedades mal controladas, Ertl decidió investigar superficies sólidas cristalinas, que poseen una configuración atómica única. Para llevar a cabo este estudio y poder disponer de superficies sólidas perfectamente caracterizadas, Ertl centró su actividad durante muchos años en el desarrollo y perfeccionamiento de nuevas herramientas experimentales, un paso indispensable siempre que en la investigación científica se quiere llegar a lo más lejano que los demás.

El primer requisito era poder alcanzar un vacío elevadísimo (ultra alto vacío), comparable al que existe en el espacio exterior, indispensable para man-

tener la limpieza y estabilidad de las superficies. A continuación fue necesario desarrollar nuevas técnicas espectroscópicas y microscópicas, entre las que destaca la microscopía de fotoemisión.

Ertl fue también pionero en la aplicación de la microscopía de barrido túnel al estudio de reacciones químicas mientras tienen lugar. Asimismo utilizó bajas temperaturas para frenar todo lo posible el movimiento atómico y poder observar individualmente los distintos pasos de las reacciones químicas. Cuando una molécula de un gas alcanza una superficie sólida, puede rebotar o quedar atrapada en la superficie (adsorbida).

En algunos casos, la interacción de la molécula con los átomos de la superficie puede ser tan intensa que la molécula se descomponga en unidades menores, como otras moléculas o incluso átomos. Igualmente, la molécula puede encontrar otras moléculas en la superficie y reaccionar químicamente con ellas. Un ejemplo importante es la adsorción de oxígeno en platino en función de la temperatura. Si se añade monóxido de carbono, esta molécula reacciona con el oxígeno presente en la superficie de platino para formar dióxido de carbono. Se trata de un proceso de enorme interés ambiental, dada la toxicidad del monóxido de

carbono, y cuyos pasos Ertl aclaró en los años noventa.

Estos estudios han encontrado gran aplicación, por ejemplo en la industria de la automoción, donde se ha generalizado en la actualidad el empleo de catalizadores para mejorar la composición de los gases de escape y limpiarlos de gases tóxicos o nocivos para la atmósfera, lo que constituye un hermoso ejemplo de la interacción

**La aplicación en automóviles limpia los gases de escape de elementos nocivos**

entre la ciencia básica y sus aplicaciones.

Se considera con razón a Gerhard Ertl uno de los creadores de una nueva disciplina, la fisicoquímica de superficies sólidas, que involucra por igual a físicos y químicos. Profesor emérito desde 2004 en el Instituto Fritz Haber, ha realizado muchas de sus más brillantes aportaciones y ha creado además una amplia escuela experimental. Gerhard Ertl es, además, una persona cordial y un hombre íntegro, que siempre ha antepuesto la honradez científica y la exactitud en su trabajo a cualquier otra consideración.

**Nazario Martín León** es catedrático de Química Orgánica en la Universidad Complutense de Madrid y presidente de la Real Sociedad Española de Química.

**Enrique García Michel** es catedrático de Física de la Materia Condensada en la Universidad Autónoma de Madrid.



Gerhard Ertl paseó por el jardín del Instituto Fritz-Haber de Berlín tras ser galardonado con el Nobel de Química 2007. / AXEL SCHMIDT / AFP