

02/2011

La química del oro y sus aplicaciones catalíticas, con Antonio Echavarren



"En la química del oro, lo más caro son los recursos humanos"

Antonio Echavarren dirige un grupo de investigación en el Institut Català d'Investigació Química (ICIQ) de Tarragona, estudiando la actividad catalítica del oro en la síntesis de moléculas de gran importancia para la industria farmacéutica. Ha sido invitado al ciclo de conferencias "Químicos difundiendo Química" y ha compartido con UABDivulga sus impresiones sobre el estado actual de su disciplina. El profesor Echavarren ha explicado también en qué consisten sus principales aportaciones.

Antonio M. Echavarren lidera un grupo en el Institut Català d'Investigació Química en Tarragona desde el 2004. Catedrático de Química Orgánica en 1992 por la Universidad Autónoma de Madrid, su trabajo de investigación incluye la invención de nuevas reacciones catalizadas por metales de transición, en especial el oro y el paladio, así como la síntesis de productos naturales y polímeros relacionados con el grafeno y los fullerenos.

-Su línea de investigación está centrada en reacciones de catálisis utilizando oro. ¿Cuáles son las ventajas?

-Nosotros trabajamos en catálisis homogéneas con oro, paladio, rutenio y otros metales. En la catálisis homogénea el catalizador está en la misma fase que el sustrato. El caso del oro es que es un metal inerte, al que le cuesta reaccionar, y por eso llegó a ser ignorado entre los químicos que trabajamos en síntesis de moléculas complejas. A partir del año 2003 y 2004, varios grupos descubrimos que el oro resultaba fantástico para activar algunas moléculas pequeñas. Nosotros fuimos los pioneros, junto con otros dos grupos (uno en EE.UU y otro en Alemania). Fue un trabajo que desarrollamos en la Universidad Autónoma de Madrid y continuamos con ello cuando nos trasladamos al Institut Català d'Investigació Química en Tarragona, convirtiéndose en el área principal de investigación del grupo. En la actualidad hay, literalmente, cientos de grupos trabajando en la química del oro en todo el mundo, incluyendo también a España, donde encontramos a la Universidad Autónoma de Barcelona con el grupo de Gregori Ujaque trabajando en estudios teóricos sobre esta química. Es una de las áreas consideradas más actuales, lo que se llama un *hot topic*.

-No parece que trabajar con oro sea una química asequible a todos los bolsillos.

-Contrariamente a lo que la gente cree, ¡el oro es barato! Por supuesto que mucho más barato que el platino o el rodio. El oro es abundante, hay grandes reservas de oro y es muy fácilmente reciclable. El platino, sin embargo, es mucho más caro. Nosotros empezamos trabajando con él y después nos pasamos al oro, esperando que los resultados serían parecidos. Al final resultó que el oro era mucho más reactivo y selectivo y por eso nos quedamos con él.

-¿Su grupo fue el primero en desarrollar catálisis con oro?

-Nosotros llevamos unos siete años trabajando con este metal, pero todo esto no surgió de la nada. En ciencia es muy difícil decir quién fue el primero en algo. Había un trabajo anterior, del año 98, una investigación aislada que, en su momento, se vio sólo como algo interesante sin mucha aplicación, pero que a nosotros nos sirvió de inspiración. Fue el grupo de Teles de la BASF en Alemania, y en ese trabajo estaban las claves para el resto de investigaciones posteriores que han demostrado que el oro es el mejor catalizador.

-¿Y a raíz de ello empezó la llamada "fiebre del oro" en catálisis?

-Nuestra investigación la completamos en el 2003 y la publicamos en el 2004, y pocos meses después aparecieron dos publicaciones más sobre el mismo tema. En los últimos años aparecieron cientos de publicaciones y cientos de grupos, lo que indica lo competitiva que es esta área. Cada día salen nuevos artículos sobre la química del oro como catalizador, de manera que si te quedas una semana sin consultar las últimas publicaciones, te quedas fuera de juego.

Nuestro trabajo fue seleccionado en el 2003 y se publicó en el 2004, aunque pudimos haberlo publicado unos meses antes, ya que se retrasó porque fuimos portada en el *Angewandte Chemie*, con una imagen de la sierra madrileña (posiblemente el primer motivo madrileño y español que apareciera en esta revista), y el proceso de maquetación retrasó todo. Este año

hemos publicado en *Chemistry - A European Journal* y hemos usado un motivo catalán, apareciendo el monumento a los *castellers* de la Rambla Nova de Tarragona. Se trata de una metáfora de la verticalidad del grupo 11, con los metales cobre, plata y oro, de manera que, forzando un poco el símil, hemos introducido algo tan característico de Tarragona como los *castellers* en la portada de una revista prestigiosa.

-¿Estos catalizadores generan moléculas nuevas por creación de enlaces C-C?

-No siempre es así. La primera reacción que publicó el grupo de Teles en la BASF fue la adición de agua a acetilenos, y el oro es el mejor catalizador que existe para realizar estas hidrataciones, que son formación de enlaces C-O. Pero nosotros nos hemos centrado en la creación de enlaces C-C, aunque el oro también es capaz de realizar otro tipo de adiciones como la hidrogenación, de las cuales se hacen estudios teóricos en el grupo de modelización molecular del área de Química Física, aquí en la UAB.

En cuanto a la creación de enlaces C-C, el oro no deja de sorprendernos por su versatilidad. Nosotros les llamamos "acrobacias moleculares", ya que se llevan a cabo reacciones que se producen a temperatura ambiente, en sólo minutos, de manera limpia y casi cuantitativamente.

-¿Y cuál es la clave de estas peculiaridades en el oro?

-El oro es tremendamente electrófilo, su átomo es pequeño, modera reacciones de una manera más controlable y selectiva que los protones de los ácidos, gracias a una cuestión sobre sus orbitales y cómo forma los enlaces. Hemos intentado sustituirlo por plata, cobre o platino, pero la reactividad no es comparable. Nos hubiera gustado poder sustituirlo por el cobre ya que, aunque sea menos sexy, es mucho más barato que el oro. Aunque también hay alternativas más caras.

La química que desarrollamos tiene más aplicación en los laboratorios farmacéuticos y, como las moléculas resultantes son productos de un alto valor añadido, el coste de los reactivos no es tan importante. La industria farmacéutica está dispuesta a utilizar productos más caros de paladio o rodio y en cualquier cantidad, con tal de llegar al producto final. Pero en otros procesos de tipo industrial el coste del catalizador sí puede suponerles un problema y por eso el oro puede ser una alternativa asequible.

-Pero esto no supone ningún problema, ya que el catalizador se recupera al final del proceso.

-La verdad es que no preocupamos mucho de reciclar el oro. Cada molécula de catalizador tiene un átomo de oro y la cantidad de peso de catalizador para obtener un gramo de producto final es realmente insignificante. De hecho, es más cara toda la cantidad de disolventes, de gel de sílice y sobre todo la cantidad de tiempo que han de invertir los estudiantes y los post-docs; todo ello cuesta más dinero que el oro. En realidad, aunque podríamos recuperar el catalizador de oro, preferimos no hacerlo porque se usan muy pequeñas cantidades y también por un tema en el que normalmente no solemos poner énfasis. Resulta que el oro necesita ligandos para ser estabilizado y esas moléculas que lo estabilizan son más caras que el propio oro.

Uno de mis antiguos doctorandos estudió la posibilidad de recuperarlo y ahora en colaboración con otro grupo del ICIQ, liderado por Miquel Pericàs -director del instituto- hemos generado un catalizador sobre un soporte polimérico que permite ser reciclado y utilizado repetidamente hasta que, a partir del noveno uso, empieza a notarse cierta desactivación.

-¿Cuáles son las aplicaciones médicas de los productos resultantes?

-Una de las grandes aplicaciones médicas la encontramos en nuestro método de la síntesis artificial de la englerina, un producto antitumoral para el cáncer de riñón que resulta ser el más potente de los productos que se han descubierto para tratar este tipo de tumores. Ha habido cinco grupos que se han dedicado a la síntesis de esta molécula; de ellos, dos han utilizado química del oro, consiguiendo los mejores resultados. Uno fuimos nosotros y el otro un grupo chino, en Shanghai, que se basó en la química que desarrollamos en el ICIQ. Curiosamente, terminamos completamos la síntesis la misma semana: nosotros la completamos el viernes, y el domingo teníamos un correo de ellos que nos decían que habían conseguido la síntesis y que nos esperarían si estábamos retrasados. Por eso mandamos conjuntamente los resultados, a pesar de vivir una competencia feroz en este campo.

-¿Y qué hay sobre la catálisis heterogénea con oro?

-En catálisis hay dos campos bien delimitados: la catálisis heterogénea y la homogénea, que es en la que nosotros trabajamos. No obstante, la catálisis heterogénea es tan apasionante como la desarrollada por nuestro grupo, y tiene aplicaciones industriales para la oxidación del monóxido de carbono, para la activación de moléculas pequeñas en fase heterogénea? El oro es fantástico tanto en catálisis heterogénea como en homogénea, y las razones por las que tiene éxito en ambos campos son, casualmente, diferentes.

-¿A cuál grupo pertenecería el uso de nanopartículas de oro en catálisis?

-Se trata de catálisis heterogénea, aunque han existido dudas sobre si hay similitudes en la química de unos y otros sistemas. De hecho, sabemos que las nanopartículas son capaces de catalizar ciertas reacciones pero, seguramente, nanopartículas más pequeñas serán capaces de desarrollar una química fundamentalmente nueva.

-¿Tiene buena salud la química del oro en España?

-Hay bastante actividad. A parte de colaborar con otros grupos del ICIQ, también hemos trabajado circunstancialmente con el grupo de Huelva (que también se centra en catálisis homogénea usando cobre, plata y oro), con otro grupo en Valladolid? Además hay otros grupos como el de la UAB dirigido por Gregori Ujaque, otro en Valencia, en Santiago de Compostela, en Oviedo, también en Burgos... De manera que podríamos decir que estamos viviendo una buena época a nivel estatal. La química organometálica de España viene en su mayoría de la desarrollada por los grupos de la Universidad de Zaragoza desde hace años. Allí podemos encontrar a Antonio Laguna quien, trabajando en la química del oro, sin embargo se ha centrado en asuntos muy alejados de la catálisis. La actividad catalítica del oro pasó desapercibida para él y para muchos otros.

-No parece que sea la primera vez que se ignora esta faceta del oro.

-Es cierto. Por ejemplo, en una publicación en *Organometallics* hace algunos años, se comparó la actividad catalítica de cobre, plata y oro, comentándose que de este último metal no cabía esperar gran cosa, salvo algunos aspectos interesantes de enlace, pero no una actividad catalítica verdaderamente importante. ¡La frase es fantástica! (risas). Otro caso sería el de un conocido químico orgánico quien, en una actitud arrogante característica de científicos muy seguros de sí mismos (aunque debiera ser todo lo contrario) se refirió al paladio como "un protón gordo". Los centros metálicos son algo más que un protón gordo, son más grandes y más "inteligentes". El protón es más insulso; por no tener ¡no tiene ni electrones! Y es que la química es la ciencia de los electrones.

Un amigo mío físico me decía que los químicos nos hemos llevado lo mejor del átomo: ellos se han quedado con el núcleo y nosotros con los electrones. De hecho, cada vez son más los físicos que se mueven a toda velocidad hacia la química y una prueba de ello es el último premio Nobel de física concedido por las investigaciones sobre grafenos. Es el premio Nobel de física más químico que ha habido seguramente nunca. Al revés ha ocurrido muy a menudo: la química ha sido muy generosa con las demás ciencias. Sin embargo, ahora todo apunta a una interdisciplinariedad y colaboración entre áreas, ya que están desapareciendo las fronteras entre disciplinas.

Jordi Mora Casanova

Àrea de Comunicació i de Promoció

premsa.ciencia@uab.cat

[View low-bandwidth version](#)