



AVELINO CORMA

**Director del Instituto de Tecnología Química del CSIC
y la Universidad Politécnica de Valencia**

La mera perspectiva de una charla con Avelino Corma (Moncófar, Castellón, 1951) resulta estimulante para cualquier persona que guste de viajar, aunque sólo sea en tercera persona, a las fronteras del conocimiento y las capacidades humanas. Sus más de 600 artículos científicos publicados en revistas internacionales y sus cerca de 90 patentes le han aupado hasta el puesto décimo tercero de la lista de los químicos más citados del mundo. Todo ello le convierte en una suerte de *Ramón y Cajal* de la ciencia de los materiales. Fundó el Instituto de Tecnología Química (ITQ) en un local improvisado sobre el aparcamiento de la propia Universidad Politécnica de Valencia y lo ha convertido en un referente mundial en procesos catalíticos. No en vano, su número de teléfono figura en la agenda de las principales compañías petroquímicas. Nunca han conseguido de él más que un consejo técnico; su compromiso siempre ha recaído en la investigación pública.

“LA CIENCIA NECESITA INVESTIGADORES QUE ABRAN BRECHA Y AMPLÍEN LAS FRONTERAS”

Un colega suyo, Ignacio Nebot, catedrático de Química Física de la Universidad de Valencia, ha dicho de usted que es “un caso aparte en la química española”. ¿Tiene usted conciencia de tener ese estatus?

No, en absoluto. Primero, me dedico a lo que me gusta. Segundo, trato de hacerlo lo mejor que puedo. Y como no puedo evitar pensar, pues estoy siempre pensando y tratando de hacer cosas nuevas. No hay que olvidar tampoco que tengo un equipo de gente que me arropa y que trabaja conmigo duramente.

Habla de pensar, pero ésa parece una tarea ya olvidada. ¿Quién ha dicho que un científico tenga que pensar? Lo cierto es que tenemos en el imaginario colectivo la estampa del científico en acción, enfrascado en experimentos. ¿Está devaluada la reflexión en nuestra sociedad?

Yo creo que en nuestra sociedad sí se entiende que los científicos tengamos que dedicar horas a pensar. Es que no hay otra manera de funcionar. El grave problema que tenemos en estos momentos es que se utilizan demasiado los parámetros bibliométricos para evaluar el rendimiento científico. Esto hace que los investigadores tengan que *producir* y cuanto más mejor, lo que obliga a una actividad muchas veces desenfrenada y a que se acometan tareas de menor riesgo, a que muchas veces se dedique menos tiempo a leer, a estudiar y a pensar para atacar problemas de más envergadura o de mayor riesgo. Si tienes que rendir una serie de trabajos, muchas veces tomas un camino más fácil que te permite obtenerlos. Pero es de menor riesgo y, por tanto, quiere decir que lo que obtienes es menos novedoso o menos impactante.

O sea, que se podría ser más ambicioso. Se podría y se debería ser más ambicioso. Pero para eso hay que aceptar desde el principio que puede bajar la producción cuantitativa, porque si acometes proyectos de mayor riesgo en los que hay muchísima menos experiencia o no hay ninguna experiencia, puedes pasar dos o tres años en los que tu producción es baja. Porque estás abriendo brecha, estás abriendo camino. Creo que falta en estos momentos esa dimensión.

¿Aquí, en España? Yo diría en todo el mundo, pero desde luego aquí quizá un poquito más porque estamos en plena fiebre de la bibliometría.

¿Esto puede llevar a un estancamiento? No, esto lleva a mucha actividad investigadora, lleva a mucha producción y de calidad, pero no necesariamente en la frontera real.

Se corre el peligro de tener muy buenos investigadores, que conocen muy bien su profesión, que publican en buenas revistas, pero que no abren brecha dentro del campo, no abren nuevas fronteras. Ése es el problema que puede existir.

Pues hablemos de las nuevas fronteras en su campo de trabajo: los procesos catalíticos.

En estos momentos, en tecnología de catalizadores la palabra clave es selectividad. Ése es el futuro. Conseguir mayor actividad en los catalizadores siempre es deseable, pero digamos que esto se puede llevar a cabo por otras vías. Lo difícil es conseguir catalizadores selectivos, a ser posible al 100%, para evitar por una parte mayores inversiones en procesos de separación y eliminación de impurezas y, por otra parte, porque en estos momentos las normativas y el interés de las empresas está en producir la mínima cantidad de residuos. Selectividad es la palabra clave. Por otra parte, conseguir procesos que sean respetuosos con el medio ambiente. Quiero decir que la tendencia es a eliminar todo lo que antes eran catalizadores ácidos minerales como puedan ser sulfúricos, clorhídricos o fluorhídricos, y a utilizar catalizadores sólidos. Catalizadores sólidos que hagan la función, pero con los que para nada tienes que neutralizar soluciones ni emitir residuos.

Catalizadores más precisos y eficientes. Sí, y como meta dentro de lo que es la selectividad, conseguir la enantioselectividad. Es decir, tener dos moléculas que son isómeros ópticos (simplemente una corresponde a mano derecha y la otra a mano izquierda) y hacer reaccionar una selectivamente. Y como último paso, en lo que se está empezando a trabajar y que sería un avance grande, diseñar catalizadores multicentros. Multicentros quiere decir que vas a tener centros activos de distinta naturaleza, cada uno de ellos actuando en una reacción diferente, todas estas reacciones ocurriendo en cascada.

¿Como una línea de montaje? Exactamente. Como ocurre en nuestro cuerpo. En nuestro organismo tenemos unos enzimas que hidrolizan el glucógeno. Te hidrogenan los polisacáridos y te forman monosacáridos, y a continuación otro enzima transforma el monosacárido en otro producto, y así sucesivamente. Todo esto va ocurriendo en cascada, como una reacción dominó, digamos. Y para cada una de esas etapas necesitamos un tipo de catalizador diferente.

¿Cómo se hace en la actualidad? Bueno, pues con un catalizador haces una etapa en un reactor. A continuación separas los productos, purificas, coges el que quieres hacer reaccio-

nar de nuevo y lo introduces en el segundo reactor. Y ahora con otro catalizador repites el proceso, y otra vez a purificar y otra vez a separar. Si lo podemos hacer todo en una sola etapa o en un solo reactor, hemos avanzado muchísimo.

Eso ¿y en qué estado se encuentra? Eso está empezando, digamos que sería el futuro. Porque, además, lo bonito en este caso sería poder combinar catalizadores homogéneos, heterogéneos, enzimáticos, no enzimáticos...

¿Ahora no se están utilizando conjuntamente? Yo diría que no, que muy escasamente. El problema es que tenemos que encontrar una ventana de operación. Si lo hacemos todo a la vez, los diferentes catalizadores tienen que funcionar en el mismo rango de temperatura, en el mismo rango de presiones. A veces eso no es posible. Pero lo que sí podríamos hacer también es dentro del reactor realizar la primera etapa y, sin sacar nada del reactor, sin separar, sin purificar, a continuación modificar las condiciones de experimentación, añadir el siguiente reactivo y en el mismo reactor realizar la segunda reacción. ¿Ves? Dos cosas: o todo y apáñate hasta el final (pero para eso necesitas las mismas condiciones) o bien en un solo reactor sin hacer separaciones intermedias pero modificando las condiciones de etapa a etapa. Ésos son los retos del futuro.

En el ITQ ustedes estudian los nanomateriales estructurados y los tamices moleculares. ¿Qué posibilidades ofrecen como catalizadores? La enorme ventaja que presentan es que al ser tamices moleculares, cuando tenemos una mezcla de moléculas, seleccionan la que va a entrar a reaccionar dentro del poro. Seleccionan entre varias moléculas por tamaño o por geometría, de tal manera que unas penetran dentro y otras no. Y sólo las que penetran dentro son las que reaccionan. Ésa es una de las ventajas. La otra ventaja es que cuando producimos materiales con poros que son del tamaño de las moléculas, si dentro de estos poros existen cavidades (que van a ser ahora nanorreactores, porque dentro de esas pequeñas cavidades es donde se va a producir la reacción) diseñadas con la forma geométrica adecuada para que las moléculas que tienen que reaccionar se acoplen perfectamente, vas a tener un efecto catalítico mucho mayor.

Es como buscar la mayor eficiencia yendo al juego a nivel molecular. En el diseño de todos estos nanomateriales como catalizadores, ¿qué papel está jugando la química computacional? La química computacional ha sido clave para esto, porque lo que nos permite es simular a priori lo que tendríamos que preparar para que pudiese funcionar. Es decir, lo que hacemos es la reacción *in silico*, en el ordenador. Determinamos cuál sería la geometría de los estados de transición, y a continuación, conociendo esta geometría, sabemos ya qué forma y qué tamaño tendrán que tener estos nanorreactores. Y ahora ya podemos ir a sintetizarlos, si somos capaces, con estas dimensiones y esta geometría. O sea, lo que haces primero es simular tu reacción como ocurriría a nivel molecular, encontrar cuál es el estado de transición y ver la geometría, la topología, las dimensiones, todo. Y a continuación diseñas el nanoreactor para que todo encaje perfectamente allí. Ahora, cuando voy a

fabricar mi nanoreactor, ya sé qué cavidad necesito tener, ya sé con qué dimensiones tengo que hacer esos poros.

Hace un momento comentaba que uno de los objetivos de la catálisis del futuro es reducir los residuos derivados de las reacciones. Existe una cierta preocupación entre los químicos por la reputación de su disciplina, que ha acabado por verse como una ciencia sucia. ¿El reciente movimiento de la química verde ayudará a erradicar esa imagen? Esa imagen está totalmente distorsionada. La química lo que hace es disminuir la contaminación. Por ejemplo, la química es la que ha hecho que en estos momentos la cantidad de óxidos de nitrógeno que se emitan sean más bajos que en toda la historia de la humanidad desde que se empezaron a utilizar combustibles fósiles. Y pasa lo mismo con derivados de azufre y otros residuos. No, tenemos que pensar de otra manera: pensar que la química es la que ha permitido el desarrollo de la humanidad al nivel al que estamos. Si la población ha crecido de la manera que lo ha hecho es porque la química inventó la síntesis del amoníaco, y con ella los fertilizantes, con lo que la producción agrícola aumentó enormemente y pudo dar de comer a más personas. En esto la gente no se fija, pero esto fue un descubrimiento clave, y lo hizo la catálisis.

Precisamente usted trabaja en un campo, el petroquímico, que se asocia bastante de manera directa o indirecta a la contaminación y los desastres ambientales. ¿Cuál es el compromiso del ITQ en esa línea? Primero querría decir que ésa es una imagen realmente falsa que se tiene. Cuando se

"NO TIENE SENTIDO UTILIZAR ACEITES VEGETALES COMESTIBLES COMO COMBUSTIBLES LÍQUIDOS. NO TIENE SENTIDO UTILIZAR EL TRIGO O EL MAÍZ PARA PRODUCIR ALCOHOL"

estudia de manera seria la cantidad de residuos que produce la industria del refino y petroquímica, y lo analizamos por tonelada de material que produce, vemos que genera dos o tres órdenes de magnitud (o sea, mil veces) menos contaminantes que la que produce, por ejemplo, la industria de lo que llamamos química fina o farmacéutica. Las empresas petroquímicas han hecho un esfuerzo enorme en reducir la cantidad de azufre, de aromáticos, de olefinas en las gasolinas. Los desastres naturales claro que se asocian con esta industria, pero eso no es de la industria del refino; eso es de todos nosotros. Somos todos nosotros los que utilizamos los productos de esta industria del refino. Podemos elegir, podemos parar si os parece.

¿De modo que los directivos de estas empresas no son personajes desalmados? Usted ha firmado multitud de contratos de investigación con grandes empresas petroquímicas como Exxonmobil, Total, Elf, Repsol, Cepsa y BP. Yo no me he llevado esa imagen. Primero, porque los directores de las empresas ejecutan lo que los comités de las empresas dicen, es

decir, lo que les mandan los accionistas. Y lo segundo, que no veo ninguna diferencia entre un tipo de industria u otra. Supongo que al final todos quieren ir bien económicamente, ganar dinero; y al final, las virtudes y defectos serán en todas las ramas los mismos. No veo por qué tienen que ser especialmente diferentes en el caso del refino y de la petroquímica.

Lo cierto es que en el campo energético ustedes no sólo trabajan en petroquímica, sino también en renovables. El Nobel de Química, Hartmut Michel, ha dicho que con los biocombustibles no se ahorran emisiones de CO₂, y que las células fotovoltaicas son más eficientes. ¿Cuál es su postura al respecto?

Me acerco bastante a lo que dice Michel. El porcentaje que ahorrarán los biocombustibles no es tan grande como el que se piensa. El problema no es todavía lo que pueden ahorrar en emisiones de CO₂; el problema sobre todo es que creemos disfunciones en el mundo. Que hagamos, por ejemplo, que en determinadas zonas se estén eliminando selvas para plantar palma para producir aceite de palma. Esto es lo que no tiene sentido. Tampoco tiene sentido utilizar aceites vegetales comestibles como combustibles líquidos. No tiene sentido utilizar el trigo o el maíz para producir alcohol. Tendría sentido, si el balance energético es correcto, utilizar directamente la celulosa. Eso sí, porque eso son desechos vegetales o bien productos plantados específicamente en terrenos en los que no compiten con la alimentación.

¿Se puede haber creado una expectativa exagerada que no se va a poder gestionar respecto a los biocombustibles? Yo creo que se ha vendido muy bien políticamente. Ahí hay un componente político muy grande, porque lo han asociado con la ecología. Bueno, pues claro que sí, ojala pudiéramos utilizarlo. Pero que seamos conscientes de que el rendimiento energético es bajo.

En cuanto a la energía fotovoltaica, parece que el futuro está en la fotocatalisis, en lograr imitar a las plantas, que consiguen crear energía no sólo no emitiendo CO₂, sino capturándolo. ¿Tiene usted esperanza en esta vía?

La fotosíntesis tiene un rendimiento muy bajo también. Pero, desde luego, estaría muy bien si lo consiguiéramos. En ese campo estamos lejos todavía. En estos momentos, yo creo que en lo que quizá estemos más avanzados es en las células fotovoltaicas de óxido de titanio dopadas con compuestos orgánicos. El problema es la duración de estas células. El rendimiento es muy bueno, el problema es la duración. No duran suficiente tiempo por la inestabilidad de estos compuestos orgánicos.

Yo creo que hasta que no se encuentre una fuente, hasta que no se consiga la fusión, lo que tenemos que hacer es obtener nuestra energía como un sumatorio de muchas, aportando cada una lo que pueda. Básicamente, lo que nos estamos dando a nosotros mismos es tiempo para conseguir una fuente de energía, como podría ser la fusión, que sí solucionaría el problema de una manera definitiva. Yo creo que ése es el camino a seguir. Todo lo demás está bien, pero el sumatorio es lo que va a funcionar, y a corto plazo vamos a seguir dependiendo de los combustibles fósiles. Eso es lo más realista; lo demás son fantasías animadas.

MUY PERSONAL



El ITQ tuvo un principio complicado, empezó en un aparcamiento. ¿Cómo recuerda esos inicios?

Con muchísimo cariño, porque éramos jóvenes los que empezábamos la aventura. No había horas en el día. La cantidad de trabajo era exagerada, pero lo hacíamos con mucha ilusión. Había armonía.

¿Cuáles son sus mayores pasiones fuera del laboratorio?

Me encanta estar con mi familia y mis amigos. Eso es muy importante. Me gusta la música, la lectura y el cine.

¿Su obsesión por acelerar las reacciones químicas ha contagiado su forma de vivir la vida, a toda velocidad?

En el trabajo sí voy acelerado, porque tengo bastantes cosas que hacer. Sin embargo, tengo mis momentos de tranquilidad también. Por las mañanas me levanto a las siete y leo y escribo en casa hasta las 10:30, que es cuando vengo al ITQ. Cuando estoy en casa, estoy sin ninguna aceleración.

De todas las ciudades que ha visitado, ¿cuál le ha causado mejor impresión?

Es que cada una tiene un aspecto diferente. Nueva York es impresionante, por ejemplo. Ámsterdam es encantadora. San Francisco también me gusta mucho.

Lograr que dos sustancias, dos moléculas, hagan lo que uno quiere y al ritmo que uno quiere debe dar una sensación de poder inmensa.

Es indescriptible. Cuando digo que es un orgasmo intelectual, es que es eso. Es una sensación de satisfacción enorme. Pero eso pasa en cualquier aspecto de la vida.

¿Por qué alguien con sus conocimientos y sus contactos no ha dado el paso a la empresa privada?

Claro que me ha atraído la empresa privada, y mucho. Y he tenido ofertas muy buenas para irme. No me he ido porque aprecio mucho mi libertad. Puedo dedicarme a investigar un poco lo que quiero. Pero como la parte de industria y de aplicación también me atrae mucho, desde la academia puedo colaborar con las empresas y ver cómo las ideas que uno desarrolla se pueden aplicar después en la empresa.

¿Le preocupa la falta de vocación química entre los jóvenes?

Me preocupa. Lo que sucede es que se ha creado una mentalidad del éxito rápido y a ser posible obtener la riqueza rápidamente y con el menor esfuerzo posible. Ése es el paradigma del éxito. Pero la investigación requiere una sobredosis de dedicación y que realmente te apasione. Si no te apasiona lo que estás haciendo, difícilmente vas a llevar tu campo de investigación muy lejos.