

CONTESTACIÓN

DEL

EXCMO. SR. D. JOSÉ ELGUERO BERTOLINI

*Excmo. Sr. Presidente,
Excmas. Señoras Académicas y Excmos. Señores Académicos,
Queridos compañeros,
Señoras y señores:*

Es para mi un gran honor recibir en nombre de los miembros de esta Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales al Dr. D. Avelino Corma Canós. Siento por Avelino Corma profunda admiración y gran amistad. Para muchos, entre los que me encuentro, es el mejor químico que ha producido este país en toda su larga y azarosa historia. Pudo haber otros, pero sus esperanzas se vieron frustradas por nuestro turbulento pasado.

Voy a dividir este discurso en dos partes: la laudatio y un breve comentario al discurso que acabamos de oír y que yo he tenido tiempo de leer.

LAUDIATIO

Avelino Corma Canós nació en 1951 en Moncófar (Moncofa en valenciano) provincia de Castellón. Se graduó en Ciencias Químicas en la Universitat de València (1967-1973) y se doctoró en la Universidad Complutense de Madrid en 1976, bajo la dirección del profesor Antonio Cortés Arroyo en el Instituto de Catálisis y Petroleoquímica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Después de dos años de estudios en la Queen's University en Canadá, en 1979 se incorporó al el CSIC como investigador. En 1987 pasó a ser profesor de investigación del CSIC, y desde 1990 dirige el Instituto de Tecnología Química, el famoso ITQ, centro mixto entre el CSIC y la Universidad Politécnica de Valencia.

Es miembro de la Academia de Ingeniería de España y de la Academia Europea, así como del Comité de dirección de varias revistas internacionales en el área de química. Ha recibido el "Premio Dupont" en nuevos materiales (1995), el "Premio Nacional de Tecnología Leonardo Torres Quevedo" (1995), el "Premio Burdiñola de Química" (1998), el "Premio de Investigación Iberdrola de Química" (1998), el "Premio G. Ciapetta" de la North American Catalysis Society (1998) y el "Premio de Nuevas Tecnologías Rey Jaime I" (2000).

Asimismo, ha sido galardonado con el Premio Europeo de Catálisis "François Gault" (EFCATS) (2002), el "Eugene J. Houdry Award" en Catálisis Aplicada de la North American Catalysis Society (2003), el "Breck Award" de la International Zeolite Association (2004) y el "Michel Boudart" de la NACS (2009). Ha sido galardonado con el "Premio México de Ciencia y Tecnología" (2005) por sus contribuciones en el campo de la catálisis y ciencia de materiales con aplicaciones en petroquímica y química fina. Ha obtenido el "Premio Gabor A. Somorjai" a la Investigación Creativa en Catálisis (2008). Es Doctor Honoris Causa por la Universidad Dom Church de Utrech, por la Universidad Técnica de Munich, por la UNED y por las Universidades de Valencia y Jaime I de Castellón.

Además, Avelino Corma ha destacado en el ámbito académico y como formador de recursos humanos, pues ha escrito alrededor de 900 artículos en las más prestigiosas revistas a nivel

internacional, es autor de varios libros y reseñas y ha dirigido numerosas tesis doctorales.

Según un estudio del Instituto Thomson para la Información, ha publicado dos revisiones que superan las 1000 citas (*Chem. Rev.*, **1997**, 97, 2373-2419 – 2150 citas – y *Chem. Rev.*, **1995**, 95, 559-614 – 1200 citas –) y un artículo que supera las 500 citas (*Chem. Commun.*, **1994**, 147-148). Son cifras espectaculares.

Avelino Corma es el español más citado, tanto en el área de química como en el área de materiales. Hay muchos químicos que publican en el mundo. ¿Cien mil? La lista para la química del Instituto Thomson para el periodo 1998-2008 sólo comprende a los diez mil más citados: Avelino Corma figura en la posición 84 con 8.216 citas seguido por otros dos químicos valencianos, Francesc Lloret (número 304, 4.713 citas) y Eugenio Coronado (número 309, 4.689 citas).

Se ha escrito que "*la cantidad perjudica la calidad*". El profesor Avelino Corma es un ejemplo paradigmático de que se puede publicar mucho y muy bien.

Aunque muchos piensan que Popper ha tenido una fama inmerecida, me parece que desde que falleció en 1994 está pasando por un periodo de relativo olvido que terminará pronto para alcanzar una posición donde se examinen críticamente sus trabajos y se valoren sus diferentes contribuciones al conocimiento y a la cultura del siglo XX. Hay en un pensador tan prolífico como Sir Karl Popper aspectos muy diversos: desde teoría de la probabilidad y física cuántica a posiciones políticas neoconservadoras, pasando por un modelo idealista del cerebro humano. Una de sus contribuciones nos interesa hoy: la separación del **contexto del descubrimiento** y del **contexto de la justificación**.

La distinción entre **contexto de justificación** y **contexto de descubrimiento** fue hecha por primera vez por Karl Popper en su libro *Logik der Forschung* (1934-1935) pero la terminología se debe a Hans Reichenbach (*Experiencia y predicción*, 1938). Según esta corriente de pensamiento, el filósofo se ocupa de cuestiones lógicas, es decir, se ocupa de las relaciones lógicas que se dan entre los *enunciados* que describen observaciones. "Sus preguntas –dice Popper– son del tipo: ¿puede justificarse un enunciado?; en caso afirmativo, ¿de qué modo?; ¿es contrastable?; ¿depende lógicamente de otros enunciados?; ¿o los contradice quizá?", Tales cuestiones sólo surgen después de que las teorías han sido formuladas. De ahí que en este tipo de análisis se deje de lado todo lo relacionado con la naturaleza del descubrimiento científico. La forma en que efectivamente se "descubre" o enuncia una teoría (**contexto del descubrimiento**) sólo se considera de interés para el psicólogo o el sociólogo.

Karl Popper en un apartado de *La lógica del descubrimiento científico* significativamente denominado "Eliminación del psicologismo", sostiene la distinción entre los dos contextos de la siguiente forma:

"He dicho mas arriba que el trabajo del científico consiste en proponer teorías y en contrastarlas. La etapa inicial del trabajo del científico, consistente en concebir o inventar una teoría, no exige el análisis lógico ni es susceptible de él [...] La cuestión de cómo se le ocurre una nueva idea a una persona –ya sea un tema musical, un conflicto dramático o una teoría científica puede ser de gran interés para la psicología empírica, pero carece de importancia para el análisis lógico del conocimiento científico. Este no se interesa por *cuestiones de hecho* (el *quid facti?* de Kant), sino únicamente por cuestiones de *justificación o validez* (el *quid juris?* kantiano)".

Popper no siguió el precepto del General Charles de Gaulle "en caso de duda, elegir la opción más difícil" ya que al explorar la avenida del **contexto de la justificación** pudo avanzar mucho y aportar un cuerpo de doctrina que aún perdura. Nunca se ocupó del **contexto del descubrimiento**, si lo hubiera hecho se hubiera encontrado con enormes dificultades.

Si examinamos la producción científica de Avelino Corma desde la perspectiva **del contexto de la justificación**, poco podemos decir y poco útil van a ser nuestras indagaciones. Hoy los químicos cometen escasos errores, son errores pequeños y los corrigen ellos mismos, con alguna pequeña y anecdótica excepción. Debemos confesar, a pesar de nuestra admiración por Popper, que sus trabajos en poco han ayudado al progreso de la química.

Muchos y muy grandes han sido los sabios que han reflexionado sobre el **contexto del descubrimiento**: Henri Poincaré, Albert Einstein y Santiago Ramón y Cajal, entre ellos. Si Popper tiene razón el proceso que les llevó a las teorías por las que son famosos se parecen a las de un Ludwig van Beethoven, de un Miguel de Cervantes, de un Miguel Ángel Buonarroti cuando componían, escribían o esculpían. Es claro que los mejores expertos en esos creadores serán siempre incapaces de producir obras similares. De eso se puede deducir que por mucho que estudiemos las obras de grandes sabios nunca llegaremos a ser como ellos.

¿Quiere eso decir que es inútil leer lo que han escrito sobre el proceso que les llevó a sus grandes descubrimientos? En primer lugar, pensamos que el proceso de creación artístico es menos susceptible de análisis racional que el científico, con la posible excepción del matemático y del físico-matemático. En segundo lugar nadie pretende convertirse en otro Ramón y Cajal por mucho que lea y relea sus *Reglas y Consejos sobre la Investigación Científica (Los Tónicos de la Voluntad)*. Sencillamente, avanzar unos pasos por el sendero de la ciencia.

Varios han sido las personas que han escrito sobre sus experiencias como químicos. Jerome A. Berson ha publicado dos libros *Chemical Creativity: Ideas from the Work of Woodward, Hückel, Meerwein and Others* (1999) y *Chemical Discovery and the Logicians' Program* (2003) de lectura obligada por lo que se interesan por estos temas. De este último cito: "Está claro que la mayoría de la actividad de **síntesis** parece estar fuera de la doctrina de conjeturas y refutaciones. Este conjunto de reglas no le da un papel importante al aspecto mayoritariamente confirmativo de una actividad que es central en las preocupaciones de los químicos. Cuando uno desea preparar un cierto compuesto para confirmar su estructura, obtener una molécula significativa en medicina, verificar un modelo teórico, o simplemente porque "está ahí", la síntesis tiene un objetivo claramente **confirmativo** no refutativo.

Según Roald Hoffmann, la mayoría de los conceptos químicos que han demostrado ser productivos en el diseño de nuevos experimentos no son reducibles a física. Es decir, no pueden ser redefinidos adecuadamente usando sólo el lenguaje de la física, por ejemplo, la aromaticidad, el concepto ácido-base, la idea de un grupo funcional, el efecto de un sustituyente o el de cromóforo. Es posible realizar extraordinarios progresos en síntesis sin que los mecanismos de reacción estén claros. En esto los químicos están más cercanos a los ingenieros que a los físicos.

Con la ayuda de su autor he seleccionado las 78 publicaciones más significativas de Avelino Corma:

Zeolitas y catálisis: 35 publicaciones, incluyendo el *Chemical Review* de 1995.

Catálisis básica: 10 publicaciones.

Mesoporosos y catálisis: 15 publicaciones, incluyendo el *Chemical Communication* de 1994 y el *Chemical Review* de 1997.

Relación catálisis homogénea- catálisis heterogénea: 5 publicaciones.

Metales-Oro-nanopartículas: 13 publicaciones.

No se trata de leerlos por su contenido científico ni de destacar en que grandes revistas están publicados, sino de bucear tratando de encontrar el fondo, siguiendo el consejo de François Rabelais en el prólogo de Gargantua: "rompre l'os et sucer la substantifique moelle". Tarea no sencilla por la manía de los científicos de borrar todo rastro personal (por otro lado, eso hace que las publicaciones científicas envejecan bien).

Según Roald Hoffmann la forma de un artículo químico "solidificó" en los años 1830-1840 y Alemania fue el lugar donde tuvo lugar la cristalización. El artículo científico de principios del siglo XIX evolucionó para contrarrestar la perniciosa influencia de los Filósofos Naturales. El informe ideal de una investigación científica debe tratar de los hechos (a menudo etiquetados, explícita o implícitamente, como la verdad). Los hechos deben ser creíbles, independientemente de la persona que los presente. De eso se sigue que deben ser presentados sin emoción (es decir, en la tercera persona) y sin juicio a priori de estructura o causalidad (por ello, en voz pasiva).

¿Que podemos hacer? Hoffmann defiende una humanización general del proceso de publicación. "Dejemos relajar los corsés, editoriales o auto-impuestos, para reflejar en palabras, en un trabajo científico primario, motivación personal y científica, emoción, historicidad, incluso algo de lo irracional. ¿Que importa si ocupa un poco más de sitio? Podremos mantenernos al corriente de la literatura química, separando lo aburrido de lo realmente innovador, sin excesiva dificultad. Las palabras humanizadoras no nos distraerán, al contrario, nos pueden incitar a leer con más cuidado el fondo de lo que se cuenta. Creo que la química tiene mucho que ganar si se resucita lo personal, lo emocional, el corazón estilístico de la lucha para descubrir y crear el mundo molecular".

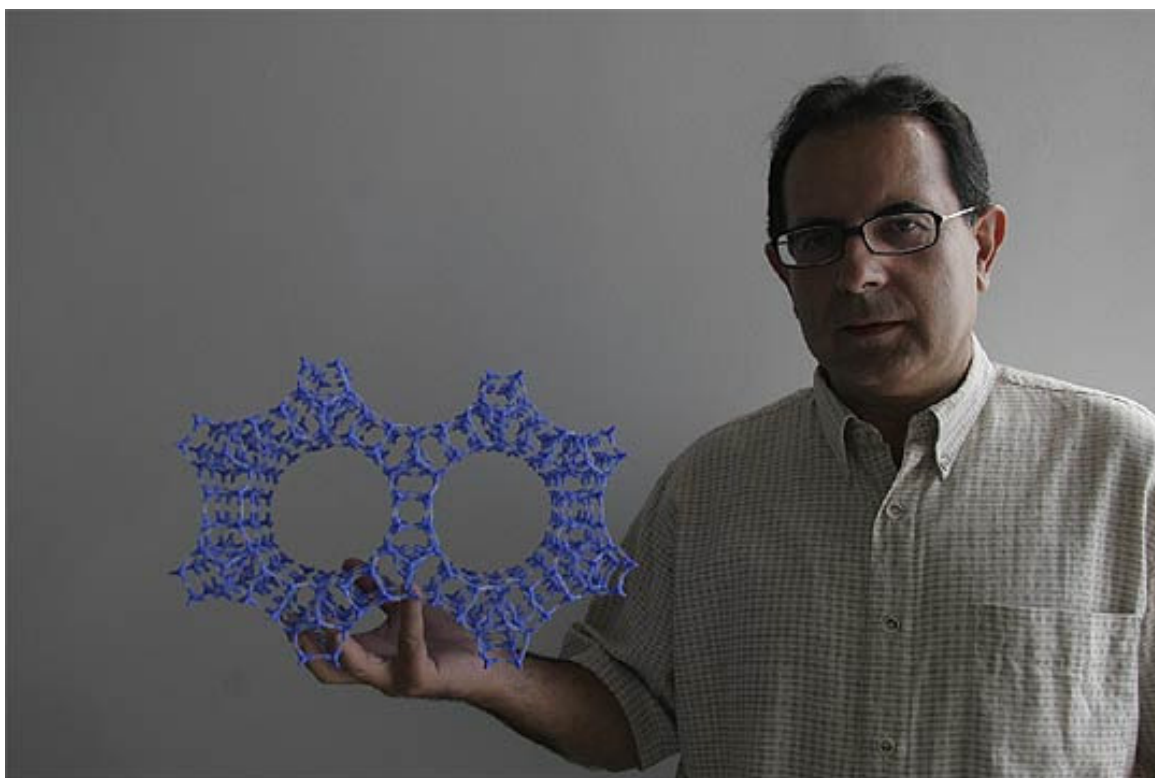
"La Investigación la hacen los seres humanos y sus herramientas. Lo que quiere decir que lo hacen seres humanos falibles. Las fuerzas que empujan a adquirir conocimientos son, obviamente, la curiosidad y el altruismo, motivos racionales. Pero la creación también tiene sus raíces en lo irracional, en las aguas oscuras y turbias de lo psíquico, donde miedos, poder, sexo y los traumas de la infancia nadan con sus movimientos escondidos, misteriosos ...//... Cuidado, esto no es una justificación para no ser ético ...//... Pero los científicos no son mejores que cualquier otro, sólo por el hecho de ser científicos".

"Lo irracional parece haber sido suprimido eficazmente en el mundo científico escrito. Pero naturalmente, los científicos son humanos, por mucho que pretendan en sus artículos que no lo son. Sus fuerzas ilógicas internas empujan para aflorar. ¿Donde? Si no se les permite aparecer a la luz del día, en la página impresa, entonces se arrastrarán o estallarán en la noche, donde las cosas se ocultan y nadie puede ver lo desagradable que es usted. Me refiero, obviamente, al proceso anónimo de evaluación".

Avelino Corma ha escrito "Mi objetivo (desde pequeño) ha sido y es el conseguir diseñar a nivel molecular los catalizadores sólidos salvando las distancias, conseguir catalizadores con centros activos definidos y aislados, con un entorno estructural (adsorción y geometría) que sea lo más específico posible para la reacción que se quiere estudiar. Con este fin, una parte importante de mi trabajo (pero no toda) se ha basado en el diseño, síntesis y aplicaciones catalíticas de tamices moleculares con centros activos y propiedades de adsorción controlados. En la actualidad estamos con catalizadores multicentros en tamices para reacciones en cascada, y en nanopartículas de metales y óxidos que, mediante una interacción adecuada con el soporte, generan centros capaces de catalizar nuevas reacciones, así como de transformar "metales" teóricamente no selectivos en selectivos".

El Instituto de España va a publicar una **Enciclopedia de la España del siglo XXI**, para la cual escribí en 2007 un breve capítulo sobre la química orgánica española. En él, he incluido a Avelino Corma, que también aparece en el capítulo sobre química inorgánica escrito por los académicos Miguel Ángel Alario y Franco y Ernesto Carmona Guzmán. He aquí la corta nota:

Cuando esto se escribe, Avelino Corma es el químico español más brillante. Pero no sólo eso, además ha demostrado que publicar en las mejores revistas (*Nature*, *Science*) no es incompatible con generar considerables beneficios para la institución que lo alberga gracias a numerosas patentes internacionales. Su objetivo ha sido conseguir catalizadores con centros activos definidos y aislados, con un entorno estructural (adsorción y geometría) que sean lo más específicos posible para la reacción estudiada (por ejemplo, oxidación de Baeyer-Villiger). Con este fin, una parte de su trabajo se ha basado en el diseño, síntesis y aplicaciones catalíticas de tamices moleculares y zeolitas con centros activos y propiedades de adsorción controlados. Ha usado una metodología basada en robots y técnicas de cribado ultrarrápido para preparar materiales como un aluminofosfato con canales circulares muy anchos que contienen 18 átomos de oxígeno, un silico-aluminato con canales unidireccionales, una zeolita de tipo silico-germanato con grandes poros rectos (anillos de 18 eslabones) en una dirección y canales de anillos de 10 eslabones en las dos otras.



La lectura de las 78 publicaciones, aproximadamente un diez por ciento de la producción de Avelino Corma, muestra a este como un químico con profundos conocimientos de química-física que utiliza siempre a un nivel semi-cuantitativo para generar sus proyectos de investigación, aunque luego lleve a cabo estudios rigurosos tanto de cinética como de química teórica para establecer firmemente sus hipótesis de trabajo. Es este un modo de proceder muy típico de un químico de síntesis, que Hoffmann llama realismo intuitivo (Roald Hoffmann, *What might philosophy of science look like if chemists built it?* *Synthese* **2007**, 155, 321-336).

Uno de los conceptos a los que más partido ha sacado Avelino Corma es a la noción de ácidos y bases de Brønsted y de Lewis. Ha jugado a unos contra otros para crear una serie de catalizadores nuevos basados en la estructura de las zeolitas. Todos los químicos saben lo que son: "un ácido de Brønsted es un dador de protones" y "un ácido de Lewis es un aceptor de pares de electrones", definiciones cercanas pero sutilmente diferentes que llevan a una serie de conclusiones que más parecen trabalenguas que química: "el protón es un ácido de Lewis y el agente de la acidez de Brønsted", "todos los ácidos de Brønsted son complejos protón/base de Lewis", "la acidez de Brønsted corresponde a una transferencia de protón entre bases de Lewis", "la propiedad de una

molécula de complejar un protón la define simultáneamente como una base de Brønsted y una base de Lewis".

Otro aspecto que destaca en las publicaciones de Avelino Corma es una brillante imaginación tridimensional. Antes los modelos moleculares (para un químico un modelo molecular representa a la vez una molécula aislada y el catalizador de una columna de craqueo, lo microscópico y lo macroscópico, lo cuántico y lo clásico) y ahora el ordenador ayudan pero, sin duda, algunos investigadores tienen más dotes que otros. Cuando se le oye dar una conferencia parece que habita en el interior de una zeolita.

El haber vivido con la imaginación en un espacio confinado le ha llevado a nociones como las de "efecto de confinamiento" de gran relevancia dentro y fuera de su campo. Allí sólo caben ciertas moléculas. Avelino ha dado un salto de imaginación, ¿por qué no construir zeolitas alrededor de una molécula de geometría astutamente elegida? Luego se saca la molécula, generalmente orgánica y frágil, y queda la casa vacía dispuesta a acoger nuevos y selectos huéspedes. La mano derecha crea un guante derecho que reconoce sólo a manos derechas.

La química es, fundamentalmente, una ciencia experimental. Si se quiere ir más allá que otros (colegas, competidores) hay que construir un instrumental *ad hoc*. Los espectaculares robots del ITQ no se olvidan fácilmente. El experimento de construir un Instituto de Investigación alrededor de una persona ("a lo Max Planck") ha sido un éxito total. Se debe repetir pero no hay que equivocarse de persona.

En la confluencia de la catálisis heterogénea, catálisis homogénea, química orgánica, química inorgánica y química física se mueven muchos profesionales de estos diferentes campos de la química. A partir de sólidos conocimientos en una rama han ido aprendiendo lo que les faltaba estudiando las otras ramas. Es tarea harta difícil y, en general, se nota su origen. La química es una pero los lenguajes son distintos y cuesta dominarlos todos. Por eso colaboramos los unos con los otros. Es bueno que un mismo problema se aborde por personas con diferentes conocimientos. Avelino Corma es un gran químico inorgánico que habla con fluidez los lenguajes de la catálisis heterogénea y de la catálisis homogénea. En química orgánica, me recuerda a una ave de presa en su atalaya mirando que liebre sale a pasear. Así ha cazado a Friedel-Crafts, Knoevenagel, Baeyer-Villiger, Claisen-Schmidt, Meerwein-Ponndorf-Verley, Suzuki, Sonogashira, "multicomponente", "dominó" y otras célebres reacciones.

Lamento no haber podido ir más lejos en mi exploración del cerebro de Avelino Corma. Está claro que las publicaciones no son una buena puerta de entrada. Razonamientos que usan las más crudas analogías, ideas primitivas, aspectos aleatorios, todo desaparece en un artículo o una conferencia para dar una sensación de sencillez y elegancia: sólo cuenta el resultado final.

Sus conocimientos sobre óxidos metálicos, óxido de cerio por ejemplo, le llevaron en muy pocos años a desarrollar toda una serie de sistemas mixtos con oro con muy diversas aplicaciones: oxidación del monóxido de carbono, quimioselectividad, reacciones de acoplamiento de ácidos borónicos en un primer tiempo y, más tarde, a sistemas mixtos oro-compuesto orgánico-compuesto inorgánico. Las posibilidades son muy numerosas y Avelino Corma va a tener que elegir entre avanzar en un frente ancho y poco profundo o avanzar en un frente estrecho que le permita llegar lejos. Quizás su extraordinaria capacidad de trabajo le permita hacer ambas cosas.

El gran éxito que han tenido las investigaciones llevadas a cabo en el ITQ en el plano industrial, reflejan algo profundo de la personalidad de Avelino Corma. Siempre atento a las necesidades de las empresas petroquímicas, convencido de que sus trabajos no tienen nada que envidiar a la de colosos como Exxon Mobil, Royal Dutch Shell, BP, Elf, Sumitomo, Repsol o

CEPSA, a puesto su saber a la disposición de las empresas. Del resultado está justamente orgulloso y nosotros de él.

COMENTARIO AL DISCURSO DE INGRESO DE D. AVELINO CORMA CANÓS

Lo que más me llama la atención del discurso que acabamos de oír es que trasciende el balance del trabajo realizado y se adentra en un fascinante programa de trabajo.

La química se puede dividir en dos grandes campos: la preparación de nuevas moléculas a partir de otras moléculas y la determinación de sus propiedades, físicas o biológicas, de las nuevas moléculas. El segundo aspecto es el más importante. Dado que hay muchísimas más moléculas posibles que partículas elementales en el universo, la humanidad, antes de extinguirse, sólo podrá sintetizar un número ínfimo de las moléculas posibles. La elección de las moléculas a sintetizar es pues un problema fundamental para la humanidad (¿que secretos esconderán para siempre aquellas que nunca lleguemos a preparar?). Las nuevas moléculas deben tener propiedades físicas, biológicas o estéticas (sino, ¿cómo explicar los esfuerzos realizados para sintetizar el bello pero inútil dodecaedro?) que nos sirvan o nos plazcan. Como dice Avelino Corma en sus conclusiones: *"Deberíamos, además, intentar solucionar, mediante el desarrollo de la ciencia, problemas que puedan ayudar a nuestra sociedad y a sus ciudadanos a vivir mejor"*.

Pero una vez tomada la decisión de preparar una nueva molécula hay que llevar a cabo su síntesis. Este es el dominio en el que se sitúa la ingente labor de nuestro nuevo académico. El concepto unificador, transversal, de la transformación de unas moléculas en otras es **la catálisis**. Todos los procesos que ocurren en los seres vivos están catalizados. Y la mayoría de los artificiales, también, sobre todo en nuestra época. Su extraordinario dominio de los modelos biológicos, de los catalizadores homogéneos y heterogéneos, su visión tridimensional del reconocimiento molecular (la quiralidad), su profunda comprensión de las interacciones débiles, le permite transferir ideas de un campo a otro con gran éxito. Ejemplos muy significativos son la heterogeneización de los catalizadores homogéneos, la obtención de catalizadores de tipo de los materiales metal-orgánicos reticulados (MOFs) muy superiores a cualquier catalizador sólido descrito, la brillante idea de que el soporte puede participar en la catálisis, los nanoreactores, las nanopartículas de las que apenas he tenido tiempo de hablar,... Como le gusta decir a Avelino Corma *"si somos capaces"*, pero él, en general, siempre es capaz.

No quiero concluir con mis pobres palabras. Quiero elevar el nivel de este discurso de contestación y para ello he elegido unas frases de D. Santiago escritas hace unos cien años. Las elegí pensando en Avelino.

*"¿Esto que yo hago, a quién importa aquí? ¿A quién contaré el gozo que mi pequeño descubrimiento me produce, que no se ría desdeñosamente o no se mueva a compasión irritante? Si triunfo ¿quién aplaudirá en torno mío?, y si me equivoco ¿quién me corregirá y me dará alientos para proseguir? ... Consideremos además que todo hombre puede ser, si se lo propone, **el escultor de su propio cerebro**".*

"Por encima de la abeja está el enjambre. Poco importa mi persona. Tengo plena convicción de mi caducidad. Con todo esto quisiera tener el consuelo de caer en el surco recién abierto, no cual piedra inerte, sino cual semilla viva".

Querido Avelino: que la Academia de Ciencias sea el enjambre donde tu labor se engrandezca, donde tus trabajos perduren más allá de toda caducidad.

Muchas gracias.