



VNIVERSITAT DE VALÈNCIA

Investidura como Doctor "Honoris
Causa" por la Universitat de València a
Avelino Corma i Canós

Discurso de aceptación

Valencia, 20 mayo de 2009

Exmo Sr. Rector Magnífico

Exmas E Ilmas Autoridades Académicas y Civiles

Estimados Profesores y Alumnos

Señoras y Señores

La Universitat de València a propuesta del Departamento de Ingeniería Química me acoge hoy en su claustro como Doctor Honoris Causa.

Mis primeras palabras son de agradecimiento por el honor que me hacen y por el afecto que demuestran al aceptarme como uno de los suyos. Quiero también agradecer a los Profesores Agustín Escardino y Juan Bautista Montón sus palabras de presentación y sus elogios que son más fruto del afecto y generosidad del maestro, y del amigo y compañero, que de mis merecimientos.

El nombramiento que me otorga la Universitat de València tiene para mí un significado especial, ya que esta Universidad es mi “Alma Mater” de la que guardo un recuerdo entrañable y a la que siempre he estado vinculado a través de la investigación. En lo que entonces era la Facultad de Ciencias y que se encontraba en el paseo Valencia al Mar hoy Avenida Blasco Ibáñez cursé la licenciatura de ciencias químicas. Mi paso por la Universidad (1969-1973) no solo me hizo aprender algo de química, sino que me hizo abrir los ojos a una realidad social injusta que debía ser cambiada. Mi visión estrecha de la vida se fue ampliando haciendo que se me desplegaran las alas que me han impulsado desde entonces a la búsqueda de nuevos objetivos. Así pues, mi propia experiencia me hace reivindicar una Universidad humanista en la que el objetivo final no sea solamente la formación de técnicos sino la formación de personas en el sentido más amplio.

En mi caso considero que los estudios en la Facultad me sirvieron más para despertar y desarrollar mi imaginación que para acumular conocimientos.

La adquisición de conocimiento “per se”, aun cuando me resultaba satisfactoria, no era suficiente. Lo que verdaderamente me apasionaba, es que a través de este conocimiento podía plantearme nuevas preguntas y tratar de contestarlas.

Recuerdo con un afecto especial algunos profesores que comenzaban sus clases con preguntas a las que teníamos que dar respuesta. De esta manera captaban la atención de los más curiosos que seguíamos la clase como una expedición de descubrimiento. En realidad era la misma metodología que seguimos en nuestros trabajos de investigación: observamos-leemos, planteamos el problema y buscamos la explicación o la solución. Posiblemente fuese esta manera de aprender la que me impulsó a dedicarme a la investigación. En el último año de Facultad, mis días y parte de las noches, transcurrían en el Departamento de Química-Física. Lo que fue la tesina de licenciatura, y que ahora veo como trabajos sencillos de investigación que podríamos catalogar como prácticas de laboratorio avanzadas, eran entonces para mí los descubrimientos del que por primera vez y conscientemente sale de su casa y camina solo.

Aun cuando estos trabajos fueron publicados, considero que su importancia radica en el hecho de haber servido para despertar en mí la pasión por la investigación. El Profesor Mateo Díaz Peña entonces Director del Departamento me preguntó: - Corma, a usted le gusta mucho la investigación ¿Verdad?. Mi respuesta fue rápida y natural: - Don Mateo la investigación es una de las dos cosas que más me gustan. Sonrió y me dijo que si quería dedicarme a la investigación debía ir al Consejo Superior de Investigaciones Científicas en donde podría dedicar todo mi tiempo a esta

labor. Con su carta de recomendación en el bolsillo me fui a Madrid al Instituto de Química-Física Rocasolano y comencé la Tesis doctoral en el Departamento de Catálisis y Petroleoquímica.

A mediados de los años 70 la catálisis heterogénea y la preparación de catalizadores sólidos se llevaba a cabo fundamentalmente mediante la metodología de prueba y error. Resultaba evidente para alguien que siempre preguntaba el porqué de las cosas, esta metodología no resultaba satisfactoria. Así pues decidí que quizás podría enfocar el problema de una manera diferente, tratando de comprender en primer lugar el mecanismo de la reacción y desde este conocimiento preparar los catalizadores idóneos. Para desarrollar esta estrategia trabajé por una parte experimentalmente con moléculas marcadas y por otra convencí (aunque a decir verdad era ya un convencido) al Profesor Francisco Tomás, maestro mío durante la licenciatura y hasta la actualidad, de que debíamos aplicar los métodos cuánticos al estudio teórico del mecanismo. La verdad es que ni la parte experimental, basada en estudios isotópicos, ni la teoría aplicada a problemas de catálisis heterogénea eran, por separado, muy comunes en España en aquellos tiempos. Incluso la combinación de las dos mediante un sistema de retroalimentación del conocimiento, era poco frecuente en la comunidad catalítica a nivel internacional. Los resultados, a pesar de las limitaciones técnicas a las que nos enfrentamos, fueron muy gratificantes.

Los estudios que publicamos no solo se convirtieron en clásicos dentro del campo, sino que además abrieron una nueva línea de trabajo que dio lugar a las tesis doctorales de los hoy profesores y amigos Ignacio Nebot, Pedro Viruela y José Planelles. De esta manera comenzó una colaboración fructífera, que continua todavía hoy con el Departamento de Química-Física de la Universitat de València.

Terminada la tesis doctoral conseguí una beca para trabajar en el Departamento de Ingeniería Química de la Queens University en Canadá. Allí aprendí, sobre todo, a ser más riguroso en mis planteamientos y en el análisis de resultados, alcanzando un equilibrio entre la pasión mediterránea y la racionalidad y pragmatismo anglosajón. A nivel humano, el contacto con la cultura anglosajona me enseñó a apreciar valores tales como la aceptación sin reserva de la valía de los demás y el reconocimiento, y aceptación, de los errores propios sin que esto signifique una derrota sino un avance en el conocimiento.

De nuevo recapitulo y, basado en mi experiencia, considero que las estancias en universidades y centros extranjeros son clave para el desarrollo integral del futuro investigador. Desgraciadamente, todavía existen investigadores jóvenes que ven esta etapa en el extranjero como un requisito para poder optar a una plaza de investigador permanente a su regreso en lugar de considerarlo como una etapa extraordinaria de su vida que les permite analizar nuestra sociedad desde fuera y con otra perspectiva, al mismo tiempo que se sumergen en un nuevo entorno del que se enriquecen científica y humanamente.

Regresé a Madrid en 1979 ilusionado no solamente por la situación social y política del país sino también ansioso por poder desarrollar en España lo que había aprendido en Canadá.

En aquellos momentos aumentar el índice de octano de la gasolina que se generaba en el craqueo o rotura catalítica del petróleo era un tema prioritario dentro del campo del refino del petróleo. Desde el punto de vista cinético y catalítico, este era un tema difícil dada la complejidad y el elevado número de reacciones que tenían lugar durante el proceso. De nuevo pensamos que la metodología clásica de prueba y error no era la más adecuada para la solución del problema. De esta manera, y ante

la falta total de medios en la que me encontraba decidi estudiar detalladamente los resultados que habían sido publicados hasta entonces sobre las reacciones de craqueo de hidrocarburos. Hasta ese momento los resultados experimentales se explicaban aceptablemente mediante la teoría de iones carbenio y beta escisión. Sin embargo, al analizar los resultados de varios autores, en lo que a productos minoritarios se refiere, observé que estos no podían ser explicados mediante la teoría en vigor. Debía pues existir un mecanismo de rotura de enlaces carbono-carbono diferente a la β -escisión que podría ser responsable de la formación de metano, etano y etileno y en consecuencia de una distribución de productos diferente al predicho por la teoría clásica.

De nuevo en este caso y en colaboración con el Departamento de Química-Física intentamos investigar el proceso químico, combinando la experimentación (cinética química), con los estudios teóricos basados en química cuántica. Mediante esta metodología conseguimos demostrar la existencia de un nuevo mecanismo de cráqueo catalítico (cráqueo protolítico) que ocurría sobre catalizadores ácidos sólidos, y que combinado con el mecanismo de β -escisión generalmente aceptado, permitía explicar el fenómeno global.

Los correspondientes trabajos se publicaron en 1984 y 1985, convirtiéndose en clásicos de obligada referencia incluso 25 años después de su publicación.

El tema y enfoque del trabajo que podría considerarse , en una primera aproximación, como una investigación fundamental destinada a averiguar el mecanismo de una reacción a nivel molecular, tenía para mi un sentido e implicaciones mucho más amplias. Así, tras haber descubierto que en el proceso de cráqueo catalítico de hidrocarburos existían dos caminos de reacción, nuestro objetivo

debía ser determinar qué especies activas del catalizador intervendrían y como determinarían la distribución de productos.

Resulta evidente que debe ser esta distribución de productos la que determinará el octanaje de la gasolina.

Esta idea básica nos hizo, ver claramente la necesidad no solamente de comprender los procesos químicos que ocurrían sobre el catalizador sólido, sino que debíamos ir más lejos y ser capaces de controlar las reacciones y productos formados mediante el diseño molecular de los catalizadores. En esta fase comenzamos a preparar nuestros propios materiales con criterios bien definidos estableciendo una colaboración con el Prof. Juan Bautista Montón y el Departamento de Ingeniería Química que dio lugar a las tesis doctorales de los hoy profesores Vicente Orchilles, Pablo Miguel, Francisco Llopis y con el Profesor Vicente Fornés del Grupo de Físico Química Mineral del Consejo. Guardo un recuerdo muy especial de esta época ya que siendo un grupo reducido que incluía también a los entonces becarios y hoy profesores y profesionales Agustín Martínez, Fernando Rey y Gloria Garralón, conseguimos desarrollar un cuerpo de trabajo que fue extraordinariamente bien recibido y aceptado internacionalmente y que, sobre todo, despertó el interés de las compañías de fabricación de catalizadores de craqueo catalítico con las que todavía hoy seguimos colaborando.

Quizás la lección más importante que aprendí en aquellos años y, que ha seguido siendo una constante en mi trabajo, fue la conveniencia de aunar disciplinas para investigar problemas complejos y relevantes. En muchos casos las soluciones se encuentran en las interfases y es a través de equipos de investigación multidisciplinarios como se pueden alcanzar los objetivos de manera más satisfactoria. Todo esto que parece obvio hoy en día, no lo era tanto hace veinticinco años en que

predominaban la coexistencia pacífica, cuando no las luchas estériles, entre distintos departamentos, e incluso entre grupos dentro de un mismo departamento. Sorprendentemente todavía hoy nos encontramos con discursos de reafirmación y diferenciación entre químicos e ingenieros químicos. Ante estos yo ofrecería nuestra experiencia enriquecedora de la colaboración entre Ingeniería Química, Química-Física, Química orgánica, Química de materiales, y Química de superficies, a las que hemos añadido hoy Física de Materiales y Matemáticas. Son las distintas disciplinas que, como en una orquesta, nos ofrecen una melodía extraordinaria cuando suenan al unísono.

La fructífera colaboración con el Departamento de Ingeniería, que continúa hoy en día, se extendió entonces a otros campos de la catálisis a través de las tesis de Profesoras como María Isabel Vázquez, Mari Cruz Burguet y María Vicenta González en campos como el hidrocráqueo, la producción de ϵ -caprolactama con catalizadores sólidos y el desarrollo de reacciones modelo para determinar la topología de las zeolitas.

En 1990 se produjo un hecho que considero determinante en mi carrera científica: la creación del Instituto de Tecnología Química centro mixto del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y la Universidad Politécnica de Valencia. Esta aventura la iniciamos un pequeño grupo proveniente de Madrid y que estaba formado por los entonces investigadores Amparo Mifsud, Vicente Fornés, Joaquín Pérez y José Manuel López Nieto, y los profesores de Universidad Miguel Angel Miranda, Hermenegildo García, Sara Iborra y Juan Carlos Asensi, todos ellos encabezados por el artífice de la operación el profesor Jaime Primo. Repletos de ilusión y energía comenzamos esta nueva etapa conformando a través de los años un grupo

multidisciplinar y ágil capaz de realizar incursiones rápidas y profundas en un amplio rango de temas de investigación.

Logramos formar un grupo compacto con objetivos científicos y proyectos comunes, en el que creamos no solamente un fondo común económico sino también de conocimientos. Teníamos el convencimiento de que trabajando en equipo y con objetivos bien definidos podríamos competir científicamente con centros construidos mediante fichajes galácticos o con institutos multicolumnares.

Con respecto a mi labor investigadora, con los años y la experiencia adquirida he ido asociando los conceptos de reactividad química en superficies con la idea del reconocimiento molecular. De esta manera intentamos diseñar catalizadores sólidos que sean capaces de reconocer la molécula de reactivo por su tamaño, forma y configuración electrónica, teniendo como objetivo último el diseño de catalizadores sólidos quirales capaces de diferenciar y hacer reaccionar selectivamente un isómero óptico.

Desde el punto de vista del reconocimiento molecular los catalizadores paradigmáticos son las enzimas. El factor diferencial que hace que las enzimas sean catalizadores únicos es la presencia de centros homogéneos y aislados que, incluidos en matrices proteicas, son capaces de interaccionar de manera específica con los reactivos. En otras palabras, las enzimas son catalizadores capaces de adsorber de manera adecuada el reactivo, y es a través de esta adsorción específica que da comienzo el proceso catalítico selectivo. Hay que destacar que la naturaleza ha conseguido a través de síntesis combinatoria utilizando algoritmos genéticos, catalizadores específicos para reacciones específicas. No es pues sorprendente que en la última década iniciará en el ITQ el desarrollo de técnicas combinatorias para las que utilizamos algoritmos genéticos en el diseño de nuevos catalizadores.

En los catalizadores biológicos, la determinación de la estructura del centro activo y su interacción con el sistema proteico por medio de técnicas espectroscópicas, ha sido clave para conocer el catalizador biológico. EL conocimiento de la “anatomía” (estructura) y la “fisiología” (mecanismo de la reacción) del catalizador biológico, ha permitido elucidar el papel de cada componente de la enzima en el proceso global. Más aún, este conocimiento ha permitido modificar por mutagénesis alguno de los componentes de la enzima para aumentar su productividad o su resistencia a la desactivación.

De manera sistemática y continuada, basándonos en el modelo enzimático, hemos ido dirigiendo nuestra investigación sobre el diseño de catalizadores sólidos selectivos. Así, para la obtención de centros homogéneos y aislados hemos preparado complejos de metales de transición anclados sobre soportes de alta superficie, y hemos sintetizado sólidos micro y mesoporosos estructurados.

Cuando los centros catalíticamente activos corresponden a los metales de transición anclados, hemos diseñado el soporte de manera que este no sea un elemento inerte sino que, siguiendo el modelo enzimático, intervenga activa y selectivamente en el proceso de adsorción, así como en la etapa de reacción estabilizando el estado de transición deseado.

En referencia a los materiales micro, y mesoporosos estructurados intentamos aproximarnos al comportamiento de las enzimas introduciendo centros activos homogéneos y aislados en las paredes, accesibles a los reactivos a través de los canales. Estos materiales se diseñan controlando tamaño, forma y composición, para que actúen como tamiz molecular seleccionando las moléculas, adsorbiéndolas con una configuración determinada y estabilizando el estado de transición deseado a través de la geometría y composición del canal o cavidad. En este último aspecto

conseguimos aumentar la selectividad a determinados productos imprimiendo un análogo del estado de transición de la reacción en la estructura. Más específicamente sintetizamos una molécula que mimetiza el estado de transición de la reacción, y la utilizamos como molécula plantilla para que crezca a su alrededor el material sólido cristalino y microporoso. Una vez extraída la molécula plantilla, su huella queda impresa en la estructura, siendo esta capaz de reconocer el estado de transición de la reacción. Siguiendo esta idea, el reconocimiento molecular se tradujo en un aumento de la velocidad de la reacción de casi un orden de magnitud con un 100% de selectividad.

Con este tipo de materiales que intentamos diseñar a medida, combinando modelos moleculares basados en cálculos teóricos y métodos de síntesis avanzados, conseguimos catalizar de manera quimioselectiva reacciones de oxidación, hidrogenación y catálisis ácida para las que no se habían conseguido catalizadores sólidos. Estos catalizadores nos han permitido sustituir procesos industriales con factores $E=10$, es decir procesos que generaban hasta 10Kg de subproducto por Kg de producto deseado, por nuevos procesos catalíticos con factores $E=0.1$, es decir procesos que generan cien veces menos subproductos. Más aún, mediante la metodología de diseño antes descrita se han sintetizado nuevos catalizadores y procesos, que han conducido a la construcción de nuevas plantas químicas en campos tan diversos como la isomerización de alcanos, la producción de óxido de propileno, o el tratamiento catalítico de gas natural.

Con anterioridad hemos dicho que nuestro objetivo final era conseguir catalizadores que reconociesen tanto al reactivo como al estado de transición de la reacción. Habíamos avanzado mucho en esta dirección mediante el control de la topología y composición de los sistemas catalíticos, aunque seguíamos teniendo un

problema sin resolver: cómo reconocer y hacer reaccionar selectivamente isómeros ópticos mediante catalizadores sólidos. Siendo la enantioselectividad el único nivel que todavía no habíamos alcanzado, intentamos sintetizar zeolitas utilizando moléculas plantilla quirales. Después de un largo número de fracasos, y alguna falsa alarma, conseguimos recientemente la primera zeolita quiral y mesoporosa. Este material no solamente amplía el rango de tamaño de moléculas que pueden ser procesadas, sino que introduce la capacidad de reconocer isómeros ópticos.

Los resultados de este trabajo que han sido muy satisfactorios fueron publicados en la revista Nature hace dos semanas.

El descubrimiento de nuevos catalizadores, así como la posibilidad de estudiar un elevado número de los mismos en paralelo ha sido posible gracias a las técnicas de alta producción y combinatoria diseñadas y construidas en el ITQ. Hoy en día nuestros equipos y software de combinatoria están siendo utilizados por numerosas empresas y laboratorios, bajo licencia del ITQ.

A lo largo de mi exposición he tratado de mostrar cómo, dentro de nuestra especialidad, intentamos generar conocimiento y a través de él, aportar soluciones a los problemas que presenta nuestra sociedad. La metodología de trabajo que seguimos no separa entre investigación fundamental y aplicada sino que tiene como objetivo fundamental producir ciencia que en simbiosis con la ingeniería permite generar tecnología. En nuestro proceso productivo queremos ir un paso mas allá y transferir tecnología a la industria de tal manera que, en la empresa, la conjunción de tecnología y mercadotecnia genere innovación.

Así pues reivindicamos la función social de la Universidad pública como servicio a los ciudadanos a través de la formación integral del alumno, de la

generación de conocimiento y de la colaboración al desarrollo tecnológico de nuestras empresas.

Sr. Rector, distinguidos colegas, Señoras y Señores. Recibo este reconocimiento en nombre de todos los que han hecho posible que este hoy aquí entre ustedes: mis padres que me dieron la primera oportunidad, los maestros con los que aprendí y que me abrieron nuevas perspectivas, los colegas pasados y presentes con los que he desarrollado mi trabajo de investigación y en los que me he apoyado para avanzar en el conocimiento. A los socios fundadores del ITQ que creyeron en un modelo de Instituto y lo hicieron posible. Ha sido su apoyo incondicional y su fé en nuestra empresa los que me han mantenido en los momentos difíciles. A todos los miembros del ITQ actual que recogen el testigo y de los que esperamos que sigan desarrollando un proyecto común, libre de egoísmos.

Finalmente, y sobre todo, quiero agradecer a mi esposa-compañera y a mi hija que con su comprensión y amor me han mantenido en el mundo real. Finalmente gracias a todos los presentes por compartir conmigo estos momentos.

Valencia, 20 de mayo de 2009

Avelino Corma