



VNIVERSITAT DE VALÈNCIA

Investidura com a Doctor "Honoris
Causa" per la Universitat de València a
Avelino Corma i Canós

Discurs d'acceptació

València, 20 maig de 2009

Excm. Sr. Rector Magnífic

Excmes. i Il·lmes. Autoritats Acadèmiques i Civils

Estimats Professors i Alumnes

Senyores i Senyors

La Universitat de València a proposta del Departament d'Enginyeria Química m'acull hui en el seu claustre com a Doctor Honoris Causa.

Les meues primeres paraules son d'agraïment per l'honor que em fan i per l'afecte que mostren en acceptar-me com un dels seus. Vull també agrair als Professors Agustín Escardino i Juan Bautista Montón les seues paraules de presentació i els seus elogis que són més fruit de l'afecte i generositat del mestre, i de l'amic i company, que dels meus mèrits.

El nomenament que m'atorga la Universitat de Valencia té per a mi un significat especial, atès que aquesta Universitat es la meua "Alma Mater" de la qual garde un record entranyable i a la què sempre he estat vinculat a través de la investigació. En el que aleshores era la Facultat de Ciències i que es trobava al passeig de València a la Mar hui Avinguda Blasco Ibáñez vaig cursar la llicenciatura de ciències químiques. El meu pas per la Universitat (1969-1973) no sols em fa ver aprendre alguna cosa de química, sinó que em va fer obrir els ulls a una realitat social injusta que havia de ser canviada. La meua visió estreta de la vida es va anar ampliant fent que se'm desplegaren las ales que m'han impulsat des d'aleshores a la búsqueda de nous objectius. Així doncs, la meua pròpia experiència em fa reivindicar una Universitat humanista en la que l'objectiu final no siga sols la formació de tècnics sinó la formació de persones en el sentit més ampli.

En el meu cas considere que els estudis en la Facultat em serviren més per a despertar i desenvolupar la meua imaginació que per a acumular coneixements.

L'adquisició de coneixement "per se", encara quan en resultava satisfactòria, no era prou. El que vertaderament m'apassionava, és que a través d'aquest coneixement podia plantejar-me noves preguntes i tractar de contestar-les.

Recorde amb un afecte especial alguns professors que començaven les seues classes amb preguntes a les que havíem de donar resposta. D'aquesta manera captaven l'atenció dels més curiosos que seguíem la classe com una expedició de descobriment. En realitat era la mateixa metodologia que seguim en els nostres treballs d'investigació: observem-lllegim, plantejem el problema i busquem l'explicació o la solució. Possiblement fos aquesta manera d'aprendre la que m'impulsà a dedicar-me a la investigació. En l'últim any de Facultat, els meus dies i part de les nits, transcorrien al Departament de Química-Física. El que fou la tesina de llicenciatura, i que ara veig com treballs senzills d'investigació que podríem catalogar com a pràctiques de laboratori avançades, eren aleshores per a mi els descobriments del que per primera vegada i conscientment ix de sa casa i camina sol.

Encara quan aquestos treballs foren publicats, considere que la seua importància radica en el fet d'haver servit per a despertar en mi la passió per la investigació. El Professor Mateo Díaz Peña aleshores Director del Departament em preguntà: - Corma, a usted le gusta mucho la investigación ¿Verdad?. La meua resposta va ser ràpida yinatural: - Don Mateo la investigación es una de las dos cosas que más me gustan. Va somriure y em va dir que si volia dedicar-me a la investigació hauria d'anar al Consejo Superior de Investigaciones Cientificas on podria dedicar tot el meu temps a aquesta tasca. Amb la seua carta de recomanació en la butxaca me'n

vaig anar a Madrid al Instituto de Química-Física Rocasolano i vaig començar la Tesi doctoral en el Departament de Catàlisi i Petroleoquímica.

A mitjans dels anys 70 la catàlisi heterogènia i la preparació de catalitzadors sòlids es portava a terme fonamentalment mitjançant la metodologia de prova i error. Resultava evident per a algú que sempre preguntava el per què de les coses, aquesta metodologia no resultava satisfactòria. Així doncs decidí que tal vegada podria enfocar el problema d'una manera diferent, tractant de comprendre en primer lloc el mecanisme de la reacció i des d'aquest coneixement preparar els catalitzadors idonis. Per a desenvolupar aquesta estratègia vaig treballar per una part experimentalment amb molècules marcades i per altra vaig convèncer (encara que per a dir la veritat ja era un convençut) al Professor Francisco Tomás, mestre meu durant la llicenciatura i fins l'actualitat, de que havíem d'aplicar els mètodes quàntics a l'estudi teòric del mecanisme. La veritat és que ni la part experimental, basada en estudis isotòpics, ni la teoria aplicada a problemes de catàlisis heterogènia eren, per separat, molt comuns a Espanya en aquells temps. Fins i tot la combinació de les dos mitjançant un sistema de retroalimentació del coneixement, era poc freqüent en la comunitat catalítica a nivell internacional. Els resultats, malgrat las limitacions tècniques a què ens enfrontàrem, foren molt gratificants.

Els estudis que publicàrem no sols es convertiren en clàssics dins del camp, sinó que a més obriren una nova línia de treball que donà lloc a les tesis doctorals dels hui professors i amics Ignacio Nebot, Pedro Viruela i José Planelles. D'aquesta manera va començar una col·laboració fructífera, que continua encara hui amb el Departament de Química-Física de la Universitat de València.

Terminada la tesi doctoral aconseguí una beca per a treballar en el Departament d'Enginyeria Química de la Queens University a Canadà. Allí vaig

aprendre, sobre tot, a ser més rigurós en els meus plantejaments i en l'anàlisi de resultats, assolint un equilibri entre la passió mediterrània i la racionalitat i pragmatisme anglosaxó. A nivell humà, el contacte amb la cultura anglosaxona m'ensenyà a apreciar valors tals com l'acceptació sense reserva de la valua de les demés i el reconeixement, i acceptació, dels errors propis sense que açò signifiqui una derrota sinó un avanç en el coneixement.

De nou recapitule i, basat en la meua experiència, considere que les estades en universitats i centres estrangers són clau per al desenvolupament integral del futur investigador. Malhauradament, encara existeixen investigadors joves que veuen aquesta etapa en l'estranger como un requisit per a poder optar a una plaça d'investigador permanent al seu regrés en lloc de considerar-lo com una etapa extraordinària de la seua vida que els permet analitzar la nostra societat des de fora i amb una altra perspectiva, al mateix temps que es submergeixen en un nou entorn del qual s'enriqueixen científica i humanament.

Vaig tornar a Madrid en 1979 il·lusionat no sols per la situació social i política del país sinó també ansiós per poder desenvolupar en España el que havia après a Canadá.

En aquells moments augmentar l'índex d'octà de la gasolina que es generava en el craqueo o rotura catalítica del petroli era un tema prioritari dins del campo del refinu del petroli. Des del punto de vista cinètic i catalític, aquest era un tema difícil donada la complexitat i l'elevat nombre de reaccions que tenien lloc durant el procés. De nou pensàrem que la metodologia clàssica de prova i error no era la més adequada per a la solució del problema. D'aquesta manera, y davant la falta total de mitjans en què em trobava decidí estudiar detalladament els resultats que havien sigut publicats fins aleshores sobre les reaccions de craqueo d'hidrocarburs. Fins eixe

moment els resultats experimentals s'explicaven acceptablement mitjançant la teoria d'ions carbeni i beta escissió. Això no obstant, en analitzar els resultats de varis autors, pel que fa a productes minoritaris, vaig observar que aquestos no podien ser explicats mitjançant la teoria en vigor. Havia doncs d'existir un mecanisme de rotura d'enllaços carbono-carbono diferent a la β -escissió que podria ser responsable de la formació de metano, etano i etilè i en conseqüència d'una distribució de productes diferent al predit per la teoria clàssica.

De nou en aquest cas i en col·laboració amb el Departament de Química-Física intentàrem investigar el procés químic, combinant l'experimentació (cinètica química), amb els estudis teòrics basats en química quàntica. Mitjançant aquesta metodologia aconseguírem demostrar l'existència d'un nou mecanisme de cràqueo catalític (cràqueo protolític) que ocorria sobre catalitzadors àcids sòlids, i que combinat amb el mecanisme de β -escissió generalment acceptat, permetia explicar el fenomen global.

Els corresponents treballs es publicaren en 1984 i 1985, convertint-se en clàssics d'obligada referència fins i tot 25 anys després de la seua publicació.

El tema y enfoc del treball que podria considerar-se , en una primera aproximació, com una investigació fonamental destinada a descobrir el mecanisme d'una reacció a nivell molecular, tenia per a mi un sentit i implicacions molt més àmplies. Així, després d'haver descobert que en el procés de cràqueo catalític d'hidrocarburs existien dos camins de reacció, el nostre objectiu havia de ser determinar quines espècies actives del catalitzador intervindrien i com determinarien la distribució de productes.

Resulta evident que havia de ser aquesta distribució de productes la que determinarà l'octanatge de la gasolina.

Aquesta idea bàsica ens va fer veure clarament la necessitat no solament de comprendre els processos químics que ocorrien sobre el catalitzador sòlid, sinó que havíem d'anar més lluny i ser capaços de controlar les reaccions i productes formats mitjançant el disseny molecular dels catalitzadors. En aquesta fase començarem a preparar els nostres propis materials amb criteris ben definits establint una col·laboració amb el Prof. Juan Bautista Montón i el Departament d'Enginyeria Química que donà lloc a les tesis doctorals dels hui professors Vicente Orchilles, Pablo Miguel, Francisco Llopis i amb el Professor Vicente Fornés del Grup de Físico Química Mineral del Consell. Guarde un record molt especial d'aquesta època ja que essent un grup reduït que incloïa també als aleshores becaris i hui professors i professionals Agustín Martínez, Fernando Rey i Gloria Garralón, aconseguírem desenvolupar un cos de treball que fou extraordinàriament ben rebut i acceptat internacionalment i que, sobre tot, despertà l'interès de les companyies de fabricació de catalitzadors de craqueo catalític amb les què encara hui seguim col·laborant.

Tal vegada la lliçó més important que vaig aprendre en aquells anys i, que ha seguit essent una constant en el meu treball, fou la conveniència de unir disciplines per a investigar problemes complexos i rellevants. En molts casos les solucions es troben en les interfases i és a través d'equips d'investigació multidisciplinars como es poden assolir els objectius de manera més satisfactòria. Tot açò que sembla obvi hui en dia, no ho era tant fa vint-i-cinc anys en què predominaven la coexistència pacífica, quan no les lluites estèrils, entre distints departaments, i fins i tot entre grups dins d'un mateix departament. Sorprenentment encara hui ens trobem amb discursos de reafirmació y diferenciació entre químics i enginyers químics. Davant aquestos jo oferiria la nostra experiència enriquidora de la col·laboració entre Enginyeria Química, Química-Física, Química orgànica, Química de materials, i Química de superfícies, a

les que hem afegit hui Física de Materials y Matemàtiques. Són les distintes disciplines que, como en una orquestra, ens ofereixen una melodia extraordinària quan sonen a l'uníson.

La fructífera col·laboració amb el Departament d'Enginyeria, que continua hui en dia, s'estengué aleshores a altres camps de la catàlisi a través de les tesis de Professores com María Isabel Vázquez, Mari Cruz Burguet i María Vicenta González en camps com l'hidrocràqueo, la producció de ϵ -caprolactama amb catalitzadors sòlids i el desenvolupament de reaccions model per a determinar la topologia de las zeolites.

En 1990 se produí un fet que considere determinant en la meua carrera científica: la creació de l'Institut de Tecnologia Química, centre mixte del Consejo Superior de Investigaciones Científicas i la Universitat Politècnica de València. Aquesta aventura la iniciàrem un xicotet grup provenint de Madrid i que estava format pels aleshores investigadors Amparo Mifsud, Vicente Fornés, Joaquín Pérez i José Manuel López Nieto, i els professors de la Universitat Miguel Angel Miranda, Hermenegildo García, Sara Iborra i Juan Carlos Asensi, tots ells encapçalats per l'artífex de l'operació el professor Jaime Primo. Plens d'il·lusió i energia començàrem aquesta nova etapa conformant a través dels anys un grup multidisciplinar i àgil capaç de realitzar incursions ràpides i profundes en un ampli rang de temes d'investigació.

Aconsegüírem formar un grup compacte amb objectius científics i projectes comuns, en el qual creàrem no solament un fons comú econòmic sinó també de coneixements. Teníem el convenciment de que treballant en equip i amb objectius ben definits podríem competir científicament amb centres construïts mitjançant fitxatges galàctics o amb instituts multicolumnars.

Respecte a la meua tasca investigadora, amb els anys i l'experiència adquirida he anat associant els conceptes de reactivitat química en superfícies amb la idea del reconeixement molecular. D'aquesta manera intentàrem dissenyar catalitzadores sòlids que siguin capaços de reconèixer la molècula de reactiu pel seu tamany, forma i configuració electrònica, tenint com a objectiu últim el disseny de catalitzadores sòlids quirals capaços de diferenciar y fer reaccionar selectivament un isòmer òptic.

Des del punt de vista del reconeixement molecular els catalitzadors paradigmàtics són els enzims. El factor diferencial que fa que els enzims siguin catalitzadors únics és la presència de centres homogenis y aïllats que, inclosos en matrius proteiques, són capaços d'interaccionar de manera específica amb els reactius. En altres paraules, els enzims són catalitzadors capaços d'adsorbir de manera adequada el reactiu, i és a través d'aquesta adsorció específica que dona començament el procés catalític selectiu. Hi ha que destacar que la naturalesa ha aconseguit a través de síntesi combinatòria utilitzant algorismes genètics, catalitzadors específics per a reaccions específiques. No és doncs sorprenent que en la última dècada iniciarà en el ITQ el desenvolupament de tècniques combinatòries per a les quals utilitzem algorismes genètics en el disseny de nous catalitzadors.

En los catalitzadors biològics, la determinació de l'estructura del centre actiu i la seua interacció amb el sistema proteic per mitjà de tècniques espectroscòpiques, ha estat clau per a conèixer el catalitzador biològic. El coneixement de l' "anatomia" (estructura) i la "fisiologia" (mecanisme de la reacció) del catalitzador biològic, ha permès elucidar el paper de cada component de l'enzim en el procés global. Més encara, aquest coneixement ha permès modificar per mutagènesi algun dels components de l'enzim per a augmentar la seua productivitat o la seua resistència a la desactivació.

De manera sistemàtica i continuada, basant-nos en el model enzimàtic, hem anat dirigint la nostra investigació sobre el disseny de catalitzadors sòlids selectius. Així, per a l'obtenció de centres homogenis y aïllats hem preparat complexes de metalls de transició anclats sobre suports d'alta superfície, i hem sintetitzat sòlids micro i mesoporosos estructurats.

Quan els centres catalíticament actius corresponen als metalls de transició anclats, hem dissenyat el suport de manera que aquest no siga un element inert sinó que, seguint el model enzimàtic, intervinga activa i selectivament en el procés d'adsorció, així com en l'etapa de reacció estabilitzant l'estat de transició desitjat.

En referència als materials micro, i mesoporosos estructurats intentàrem aproximar-nos al comportament dels enzims introduïnt centres actius homogenis i aïllats en les parets, accessibles als reactius a través dels canals. Aquestos materials es dissenyen controlant tamany, forma i composició, per a que actuen com a tamiz molecular seleccionant les molècules, adsorbint-les amb una configuració determinada i estabilitzant l'estat de transició desitjat a través de la geometria i composició del canal o cavitat. En aquest últim aspecte aconseguírem augmentar la selectivitat a determinats productes imprimint un análogo de l'estat de transició de la reacció en l'estructura. Més específicament sintetitzàrem una molècula que mimetitzà l'estat de transició de la reacció, y la utilitzàrem com a molècula plantilla per a que cresca al seu voltant el material sòlid cristal·lí i microporós. Un cop extreta la molècula plantilla, la seua huella queda impresa en l'estructura, essent aquesta capaç de reconèixer l'estat de transició de la reacció. Seguint aquesta idea, el reconeixement molecular es traduï en un augmento de la velocitat de la reacció de casi un ordre de magnitud amb un 100% de selectivitat.

Amb aquest tipus de materials que intentem dissenyar a mida, combinant models moleculars basats en càlculs teòrics i mètodes de síntesis avançats, aconseguirem catalitzar de manera chemoselectiva reaccions d'oxidació, hidrogenació i catàlisi àcida per a les quals no s'havien aconseguit catalitzadores sòlids. Aquestes catalitzadores ens han permès substituir processos industrials amb factors $E=10$, és a dir processos que generaven fins 10Kg de subproducte per Kg de producte desitjat, per nous processos catalítics amb factors $E=0.1$, és a dir processos que generen cent vegades menys subproductes. Més encara, mitjançant la metodologia de disseny abans descrita s'han sintetitzat nous catalitzadores i processos, que han conduït a la construcció de noves plantes químiques en camps tan diversos com la isomerització d'alcans, la producció d'òxid de propilè, o el tractament catalític de gas natural.

Amb anterioritat hem dit que el nostre objectiu final era aconseguir catalitzadors que reconegueren tant al reactiu com a l'estat de transició de la reacció. Havíem avançat molt en aquesta direcció mitjançant el control de la topologia y composició dels sistemes catalítics, tot i que continuàvem tenint un problema sense resoldre: cómo reconèixer i fer reaccionar selectivament isòmers òptics mitjançant catalitzadors sòlids. Essent l'enantioselectivitat l'únic nivell que encara no havíem assolit, intentem sintetitzar zeolites utilitzant molècules plantilla quirals. Després d'un llarg nombre de fracassos, i alguna falsa alarma, aconseguirem recentment la primera zeolita quiral i mesoporosa. Aquest material no sols amplia el rang de tamany de molècules que poden ser processades, sinó que introdueix la capacitat de reconèixer isòmers òptics.

Els resultats d'aquest treball que han estat molt satisfactoris foren publicats en la revista Nature fa dues setmanes.

El descobriment de nous catalitzadors, així com la possibilitat d'estudiar un elevat nombre dels mateixos en paral·lel ha estat possible gràcies a les tècniques

d'alta producció i combinatòria dissenyades i construïdes en el ITQ. Hui en dia els nostres equips i software de combinatòria estan essent utilitzats per nombroses empreses i laboratoris, sota llicència del ITQ.

Al llarg de la meua exposició he tractat de mostrar còm, dins de la nostra especialitat, intentem generar coneixement i a través de ell, aportar solucions als problemes que presenta la nostra societat. La metodologia de treball que seguim no separa entre investigació fonamental i aplicada sinó que té com a objectiu fonamental produir ciència que en simbiosi amb la enginyeria permet generar tecnologia.

En el nostre procés productiu volem anar un pas més enllà i transferir tecnologia a la indústria de tal manera que, en l'empresa, la conjunció de tecnologia i mercadotècnia genere innovació.

Així doncs reivindicuem la funció social de la Universitat pública com a servei als ciutadans a través de la formació integral de l'alumne, de la generació de coneixement i de la col·laboració al desenvolupament tecnològic de les nostres empreses.

Sr. Rector, distingits col·legues, Senyores i Senyors. Rep aquest reconeixement en nom de tots els que han fet possible que estiga hui ací entre vostés: els meus pares que em donaren la primera oportunitat, els mestres amb els que vaig aprendre i que m'obriren noves perspectives, els col·legues passats i presents amb els que he desenvolupat el meu treball d'investigació i en els que m'he recolçat per a avançar en el coneixement. Als socis fundadors del ITQ que varen creure en un model d'Institut i que el feren possible. Ha estat el seu recolzament incondicional i la seua fé en la nostra empresa el que m'ha mantés en els moments difícils. A tots els membres de l'ITQ actual que recullen el testic i dels que esperem que continuen desenvolupant un projecte comú, lliure d'egoismes.

Finalment, i sobre tot, vull agrair a la meua esposa-companya i a la meua filla que amb la seua comprensió i amor m'han mantingut en el món real. Finalment gràcies a tots els presents per compartir amb mi aquestos moments.

València, 20 de maig de 2009

Avelino Corma