

Física y Química
en la
Colina de los Chopos

Instituto de Química Física Rocasolano
del Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Física y Química en la Colina de los Chopos

Instituto de Química Física Rocasolano
del Consejo Superior
de Investigaciones Científicas

Editores

Carlos González Ibáñez
Antonio Santamaría García

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
MADRID 2008



Física y Química en la Colina de los Chopos
Instituto de Química Física Rocasolano del
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Editores:

CARLOS GONZÁLEZ IBÁÑEZ

*Investigador científico y vicedirector
del Instituto de Química-Física Rocasolano del CSIC*

ANTONIO SANTAMARÍA GARCÍA

*Científico titular de la Escuela de Estudios
Hispano-Americanos y Área de Cultura Científica del CSIC*

Reservados todos los derechos por la legislación en materia de Propiedad Intelectual. Ni la totalidad ni parte de este libro, incluido el diseño de la cubierta, puede reproducirse, almacenarse o transmitirse en manera alguna por ningún medio ya sea electrónico, químico, mecánico, óptico, informático, de grabación o de fotocopia, sin permiso previo por escrito de la editorial.

Las noticias, asertos y opiniones contenidos en esta obra son de la exclusiva responsabilidad del autor o autores. La editorial, por su parte, sólo se hace responsable del interés científico de sus publicaciones.

Fotografía de cubierta: Base 12

© De cada texto: su autor.

© De la presente edición: CSIC.

ISBN: 00-00000-000-0

NIPO: 00-00000-000-0

Depósito legal: M-00.000-2008

Diseño y maquetación: Closas-Orcoyen, S.L.

Composición y fotomecánica: Closas-Orcoyen, S.L.

Impresión: Closas-Orcoyen, S.L.

Encuadernación: Closas-Orcoyen, S.L.

Créditos institucionales

Presidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Carlos Martínez Alonso

Vicepresidente de Investigación Científica y Técnica
José Manuel Fernández de Labastida y del Olomo

Vicepresidente de Organización y Relaciones Institucionales
Rafael Rodrigo Montero

Secretario General
Eusebio Carlos Jiménez Arroyo

Director de Instituto de Química-Física Rocasolano
Enrique Lomba García

Vicedirectores
Carlos González Ibáñez
José Luis Saiz Velasco

Gerente
Isabel Cano Chanes

Director del Instituto de Estructura de la Materia
José Vicente García Ramos

Vicedirector
Guillermo Antonio Mena Marugán

Gerente
Pilar Criado Escribano

Directora del Área de Cultura Científica
Pilar Tígeras Sánchez

“En el laboratorio se trabaja de ocho de la mañana a ocho de la noche, no se conocen más días festivos que los domingos y no se cobra sino al cabo de algunos años de labor meritoria”

Manuel Moreno Caracciolo

“Allí radicaba uno de los núcleos de tipo intelectual y moral de más categoría que ha tenido España”

Bernardo Giner

“Durante veinte años la Junta [para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas] ha estado administrando un programa de becas y como resultado existe un núcleo suficiente de hombres educados en el extranjero en Física y Química para que sea seguro invertir una suma considerable en un Instituto de Física y Química modélico”

Augustus Trowbridge, Fundación Rockefeller

“Desde la mesa de trabajo, por grados sucesivos, puede establecerse la unidad estructural que sirve de base al sistema, al conjunto del instituto”

Luis Lacasa

*A todos los científicos, técnicos y personal
del Rockefeller en sus 75 años*

Índice

<i>Presentación</i> (Carlos Martínez Alonso)	000
<i>Agradecimientos</i>	000
<i>75 años del edificio Rockefeller o la arquitectura con vocación de gente, de porvenir y de ciencia</i> (Antonio Santamaría García y Carlos González Ibáñez).....	000
<i>El Rockefeller. 75 años</i>	
José Manuel Sánchez Ron: “Del Laboratorio de Investigaciones Físicas al Instituto Nacional de Física y Química”.....	000
<i>APÉNDICE 1. Proyecto de Reglamento para el Instituto Nacional de Física y Química</i>	000
Reglamento del Instituto Nacional de Física y Química.....	000
<i>APÉNDICE 2. Investigaciones en curso en el Instituto Nacional de Física y Química</i>	000
Antonio Bonet Correa: “El edificio <i>Rockefeller</i> ”.....	000
Salvador Guerrero y Cristina García González: “El edificio <i>Rockefeller</i> y los arquitectos Luis Lacasa y Manuel Sánchez Arcas. Notas sobre la arquitectura de la Segunda República en Madrid”	000
Wolfgang Schaeffner: “Arquitectura, ciencia e ingeniería para el laboratorio del siglo XX”.....	000
José Elguero: “La Química en el edificio <i>Rockefeller</i> . Antonio Madinaveira y Tabuyo (1890-1974), un gran químico que España perdió y México ganó”	000
<i>APÉNDICE. Publicaciones de Antonio Madinaveitia, 1919-1935</i>	000
Documentos	
“Real Orden autorizando al subsecretario de Instrucción Pública para aceptar la donación de la Institución Rockefeller, haciendo constar la gratitud de España por tal motivo” (26-XI-1925).....	000

“Real Decreto autorizando al ministro de Instrucción Pública y Bellas Artes para la adquisición del terreno con destino a la construcción de un edificio para el Instituto de Física y Química” (22-VII-1926).....	000
“Concurso de proyectos para el Instituto de Física y Química costeados por el International Education Board” (6-IV-1926) ..	000
<i>Instituto Nacional de Física y Química</i> (folleto inaugural).....	000
“Las instalaciones eléctricas de experimentación del Instituto Nacional de Física y Química, Fundación Rockefeller en Madrid” (<i>Revista SIEMES</i> , por E. Marchesi)	000

Tiempo de investigación

Francisco J. Baltá Calleja: “Sinopsis sobre la investigación en Física del CSIC en el edificio <i>Rockefeller</i> : período 1940-1975”	000
Manuel Rico: “Bio-Química-Física en el <i>Rockefeller</i> ”	000
Juan Francisco García de la Banda: “De la espectroscopia a la catálisis: mi vida en el <i>Rockefeller</i> ”	000
Esperanza Iglesias Sánchez: “La biblioteca del <i>Rockefeller</i> ”	000
José Sáiz: “Talleres del Instituto Rocasolano”	000
Martín Martínez Ripoll: “La herencia de cien años de cristalografía”	000
Jorge Santoro: “El departamento de Espectroscopía y Estructura Molecular”	000
A. Ulises Acuña: “El departamento de Biofísica”	000
Margarita Menéndez: “El departamento de Química Física de Macromoléculas Biológicas”	000
Enrique Lomba: “Estructura y dinámica molecular”	000
Margarita Martín Muñoz: “El departamento de Química Láser del IQFR”	000
Claudio Gutiérrez de la Fe: “El grupo de Electroquímica”	000
Mercedes García García: “Grupo de Análisis de Superficies y Espectroscopía Mössbauer”	000
José María Guil-Pinto: “Grupo de Adsorción”	000
Francisco J. Balta Calleja: “La física macromolecular”	000
Salvador Montero: “El departamento de Física Molecular”	000

María Luisa Senent: “El Laboratorio de Química Cuántica del edificio <i>Rockefeller</i> ”	000
Alfredo Tiemblo: “Física teórica”	000
Antonio Rubinos: “El Laboratorio de Geocronología del Instituto Rocasolano”	000
<i>75 años de investigación en el edificio Rockefeller. Ciclo de conferencias “Entre la Física, la Química y la Biología”</i>	
“75 años del <i>Rockefeller</i> . Palabras del director” (Enrique Lomba)	000
Tomas Baer: “New Experimental Approaches to Photoionization: the Road to ± 0.1 kJ/mol Thermochemistry of Ions, Radicals and Stable Bolecules”	000
Luisa Filipponi, Duncan Sutherland y Flemming Besenbacher: “Nanoscience and Nanotechnology in Society”	000
Philip R. Evans: “How Soluble Proteins Can Bend Membranes: Vesicle Formation in Endocytosis”	000
Masatsune Kainosho: “Optimal Isotope Labeling for NMR Protein Structure Determinations-the SAIL Method”	000
Costas Fotakis: “Optical Technologies in the Service of the Future of our Past”	000
<i>Apéndice</i>	
Centros e institutos que surgieron del <i>Rockefeller</i> (Pilar Jiménez Sierra y A. Ulises Acuña)	000
Galería de directores del Instituto de Química Física Rocasolano del Consejo Superior de Investigaciones Científicas	000
Personal de los centros del edificio <i>Rockefeller</i> , 1932-2008 (compilados por Luis de la Vega)	000
Bibliografía	000
Índice de ilustraciones y figuras	000
Índice onomástico y toponímico	000
Créditos fotográficos	000

Agradecimientos

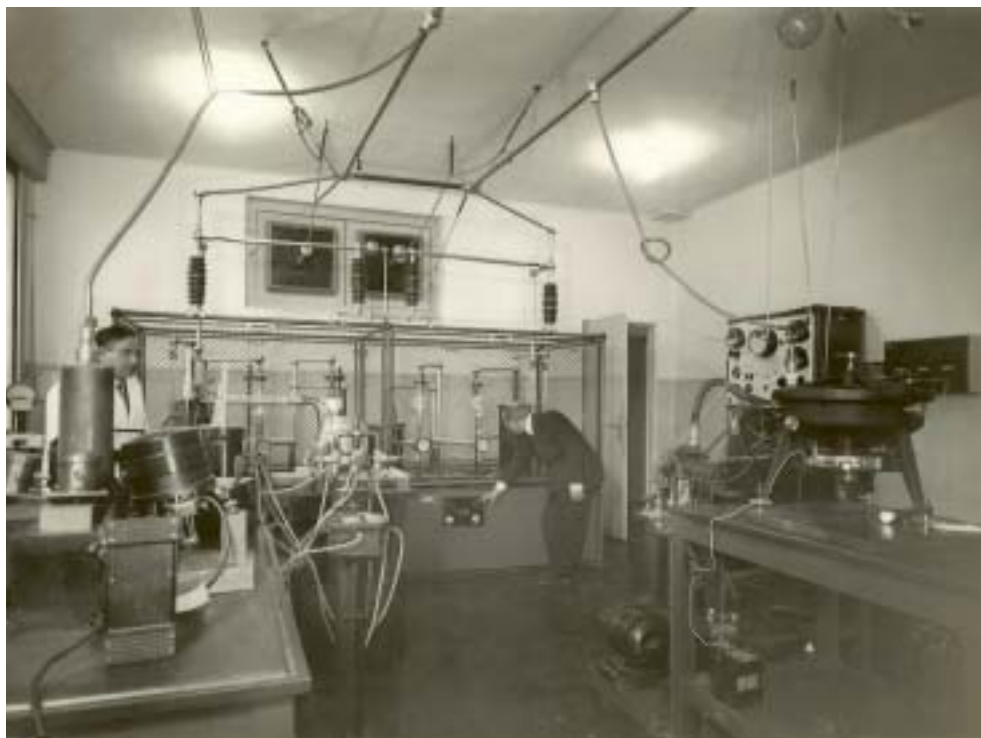
Este libro tiene una deuda de gratitud con muchas personas e instituciones que han colaborado de diferentes formas en su elaboración. En primer lugar con los autores, los que trabajan en el Instituto *Rockefeller* y aquellos otros que han cedido sus artículos, presentados a un ciclo de conferencias en el Instituto de Física Química del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Hay que hacer extensivo ese agradecimiento a todo el personal de los institutos de Química Física y de Estructura de la Materia. Especialmente se debe mencionar a los miembros de la comisión que se constituyó para los actos del 75 aniversario del *Rockefeller*, integrada por A. Ulises Acuña, Armando Albert, Antonio Ballesteros, Ángel Cuesta, Juan Dávalos, Concepción Domingo, Tiberio Ezquerro, José María Guil Pinto, Pilar Jiménez, Margarita Menéndez. Agradecemos, además, la colaboración de algunas otras personas, Duglas V. Laurents, Gloria Alonso, Susana Asenjo, Elvira Calviño, Almudena Campos, Julia Cano, Xiomara Cantera, María Elena Cerrajero, Visitación Díaz, Soledad Díaz Gómez, Laura Ferrando, Martín García, Ainoa Goñi, Carmen Guerrero, Ángeles Marco, Consuelo Martín de Loeches, Rafael Martínez Cáceres, Rafael Morera, Guillermo Ortiz, Jaime Pérez del Val, José Manuel Prieto, Miguel Ángel Puig Samper, Miguel Rodríguez Artigas, Sagrario Salado, Mercedes Saiz Martín, Pilar Tígeras, Natividad Vallejo y Luis de la Vega.

Varias instituciones han colaborado también de diversas maneras, empezando por el CSIC y su organización central, que han apoyado la celebración del 75 aniversario del edificio *Rockefellers*, la series de conferencias, la exposición conmemorativa y este libro, por ejemplo, con la activa participación del Área de Cultura Científica en ellos. Nos han brindado toda su colaboración, igualmente, el Departamento de Publicaciones y al Servicio de Prensa del CSIC. Tales instituciones y diferentes personas se mencionan en los créditos institucionales y fotográficos, a quienes hacemos extensivos los agradecimientos por ese apoyo y por el material que nos proporcionaron para ilustrar la obra. También, finalmente, se debe agradecer la colaboración de las empresas CEPSA, Bonsái, Bruker, Perkin-Elmer, REPSOL-YPF, SIE, Setaran y THERMO, de la Real Sociedad Española de Química, de la Real Sociedad Española de Física y de la Comunidad de Madrid en el ciclo de conferencias y la jornada conmemorativa de los 75 años del *Rockefeller*, y de la Federación Española de Ciencia y Tecnología (FECYT) en la exposición.

Hay algunas personas que han colaborado de manera especial en el libro y/o en la exposición conmemorativa del 75 aniversario del *Rockefeller*, cuya documentación, realización y catálogo han sido esenciales para la edición de este libro y la introducción: la doctora Pilara Jiménez, los doctores A. Ulises Acuña y Rafael Martínez Cáceres, Rafael Morera, Laura Ferrando, todos ellos del Instituto de Química Física y del Área de Cultura Científica del CSIC; el doctor Douglas V. Laurents, que nos ayudó con la edición de los textos en inglés del libro, y Luis de la Vega, que ha compilado los cuadros de personal.

Laboratorio de Rayos X del edificio Rockefeller, 1932 (IQFR)



75 años del edificio Rockefeller o la arquitectura con vocación de gente, de porvenir y de ciencia

Antonio Santamaría García

Área de Cultura Científica y EEH, CSIC

Carlos González Ibáñez

Instituto de Química Física, CSIC

*«Una línea, si es línea / puede ser el comienzo [...].
Dos líneas, si son líneas [...] / serán líneas unidas / si multiplican su fuerza.
Tres líneas, si son líneas, / pueden ser un equipo
capaz; pueden, si quieren, / cambiar del mundo el ritmo. [...]
Pero si no desmaya / su vocación de gente,
serán la raíz cuadrada / del porvenir que viene»*
(Gabino Alejandro Carriedo, «Progresión incompleta de la línea y el número»)

En 2007 se cumplieron 75 años de la consolidación de una institución centenaria. La inauguración del edificio de la madrileña calle de Serrano financiado por la Fundación Rockefeller de Estados Unidos y del Instituto Nacional de Física y

Química de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE), que tuvo su sede en esa casa, fue un símbolo del reconocimiento internacional del progreso de la ciencia en España desde los inicios del siglo XX.

El *Rockefeller*, como se le conoce coloquialmente en honor a su *financiador*, aloja hoy al Instituto de Química Física Rocasolano y a parte del Instituto de Estructura de la Materia, que tiene su sede principal en el edificio contiguo de Serrano 121, ambos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), fundado en 1939 y al que se transfirieron la mayoría de los centros de la JAE tras la Guerra Civil.

Decía Santiago Ramón y Cajal, *padre* de la JAE, que hartas veces se ha sostenido que el de España «es un problema de cultura» y que para «incorporarnos a los pueblos civilizados» urgía «cultivar intensamente los yermos de nuestra tierra y de nuestro cerebro» para salvar «todos los talentos que se pierden en la ignorancia»¹.

Se perdían los talentos como «los ríos en el mar», proseguía Ramón y Cajal usando el símil con que el poeta castellano Jorge Manrique versaba hacia 1476 el *carpe diem* y la brevedad de la vida. Y como solución proponía lo que José Ortega y Gasset planteaba en 1914 en *Meditaciones del Quijote*, libro emblema de su generación, la *generación de la Junta*: salvarlos de la esencia de lo español, que había consistido hasta entonces en la negación de su medio y de sus antecedentes. De ahí que cada intelectual, científico o pensador tendiese a comenzar desde el principio.

Las glosas con que damos comienzo a la introducción del libro *75 años de investigaciones químicas y físicas en el edificio Rockefeller* no pretenden ser mera recreación literaria. Si acudimos a ellas es con el fin de destacar que lo conmemorado con ese libro es, en esencia, la continuidad, el *no desmayo* en unas líneas con vocación de equipo y de gentes; aquellas gentes para las que el esfuerzo reconocido con la construcción del *Rockefeller* quiso ser el comienzo del porvenir venidero, en palabras de Gabino Alejandro Carriedo, o de «la prosperidad», como lo expresaba en su cita de Ramón y Cajal.

Con tal espíritu el Gobierno de España creó la JAE en 1907 como respuesta a un proyecto del científico aragonés, ganador un año antes del Nobel de Medicina. La Junta recibía y ampliaba el legado y la labor de la Institución Libre de Enseñanza, de Francisco Giner de los Ríos, Bartolomé Cossío, la Generación del 98. Tanto es así que José Castillejo, discípulo predilecto Giner, fue su secretario, y siguiendo el ideario de aquella planteó un programa sencillo pero a la vez eficaz que constituyó el mayor esfuerzo de modernización de la ciencia y la educación en la historia del país hasta entonces, concebido como parte imprescindible de la modernización y *europización* de España.

¹ La cita procede de la dedicatoria que Ramón y Cajal incluyó como pie en una fotografía que le hizo Jorge Zockoll, depositada en el Archivo del Museo Nacional de Ciencias Naturales del CSIC, para un homenaje que se le rindió el primero de mayo de 1922. Su texto completo reza «Se ha dicho hartas veces que el problema de España es un problema de cultura. Urge, en efecto, si queremos incorporarnos a los pueblos civilizados, cultivar intensamente los yermos de nuestra tierra y de nuestro cerebro, salvando para la posteridad y enaltecimiento patrio, todos los ríos que se pierden en el mar y todos los talentos que se pierden en la ignorancia».

No nos detendremos en estos prolegómenos pues *75 años de investigaciones químicas y físicas en el edificio Rockefeller*, además de contar con un antecedente, editado en 1982, *50 años de investigación en Física y Química en el edificio Rockefeller de Madrid*, pretende ser también en parte continuidad de otra obra anterior, *Tiempos de investigación. JAE-CSIC, 100 años de ciencia en España* (Puig Samper, ed., 2007) con la que el CSIC ha homenajeado a la Junta en su centenario en el marco de las muchas actividades organizadas en 2007, declarado oficialmente por el Gobierno español como Año de la Ciencia². Tanto en dicho libro como en los artículos que integran la primera parte de éste se analiza la historia de la JAE, de sus hombres, su labor y sus centros.

En síntesis, la JAE envió a científicos y educadores españoles a estudiar a los países más avanzados en la distintas ramas del saber y creó centros en España para que los beneficiarios de las pensiones —así se llamaba entonces a las 1.804 becas que concedió (Formentín y Villegas, 2007: 95-102)— pudiesen trabajar a su regreso, aplicar lo aprendido, transmitir conocimiento, crear escuela. Además de esos centros fundó la Residencia de Estudiantes en 1910, especie de colegio mayor dotado de laboratorios, biblioteca y erigido como un espacio idóneo de estudio y divulgación de la ciencia y la cultura, inicialmente para varones, pero que en 1920 se amplió con una sede femenina, parafraseando lo que dijo de «La unidad» quien fuera informal jefe de estudios de la *Resi*, José Moreno Villa (Mainer, 1987): «¡acopla las dispersas / partículas y lánzate / sereno a las empresas!». Y otra empresa más: la Junta creó también un Instituto-Escuela de enseñanza primaria y secundaria, cuyas clases comenzaron en 1918.



Pabellón de Laboratorios o Traslántico de la Residencia de Estudiantes (CSIC)

² Sólo en el CSIC, pues otras instituciones han programado más eventos, además del citado libro, se ha dedicado un espacio en su página web a la JAE (<http://www.csic.es/wi/webs/jae/>), se han inaugurado dos estatuas de Santiago Ramón y Cajal y Severo Ochoa en la entrada de su campus central en Madrid (calle Serrano, número 117), que fuera anteriormente el campus de la Junta, se organizaron exposiciones y actividades dentro de la Semana de la Ciencia y la Feria Madrid es Ciencia, o una exposición dedicada al específicamente al edificio *Rockefeller*, cuyo catálogo está editado con el título *75 años de investigación en el Rockefeller* (2007).

Los dos grandes centros de investigación de la JAE, como la Residencia de Estudiantes, se crearon en 1910. Uno se dedicó a las ciencias humanas, el Centro de Estudios Históricos, dirigido por Ramón Menéndez Pidal; otro a las físicas y naturales, el Instituto Nacional de Ciencias, que tuvo su sede en el Palacio de la Industria y Bellas Artes, en el madrileño paseo de la Castellana, donde está desde entonces el Museo Nacional de Ciencias Naturales, hoy del CSIC, y a cuyo frente estuvo el propio Ramón y Cajal. Ambos centros se dividieron luego en institutos, escuelas, laboratorios, departamentos, comisiones, que fueron creciendo según progresó la investigación en las distintas disciplinas (Santamaría, 2007).

Dentro del Instituto Nacional de Ciencias Físico-Naturales, y el mismo año de su creación, aunque José Manuel Sánchez Ron piensa que podía funcionar desde 1909, se fundó un Laboratorio de Investigaciones Físicas, dirigido por Blas Cabrera, que a su vez era secretario de dicho instituto. De ese laboratorio, que a pesar de su nombre se estructuraba como un centro de investigación, surgiría en 1932 el Instituto Nacional de Física y Química en el edificio *Rockefeller*. Por eso se ha señalado que con la conmemoración de los 75 años de su inauguración lo que celebramos en realidad es el aniversario de la consolidación de una institución centenaria.

En las diversas secciones y laboratorios de Física y Química del Laboratorio de Investigaciones Físicas trabajaron, y ampliaron su formación en el extranjero pensionados por la JAE, muchos de los físicos y químicos más importantes de su época y de la historia de en España. En 1952 Bernardo Giner de los Ríos escribía de él ya en los años en que se alojaba en el edificio *Rockefeller* (1932-1939): «allí radicada uno de los núcleos de tipo intelectual y moral de más categoría que ha tenido España». Sus investigadores, aparte de los ubicados en dicho edificio y antes en el Palacio de la Industria y Bellas Artes, atendían también varios laboratorios en la Facultad de Farmacia de la Universidad Central de Madrid, la Residencia de Estudiantes, el Instituto-Escuela y la Residencia de Señoritas de la calle Fortuny. Tales laboratorios se usaron básicamente para la enseñanza³.

Sánchez Ron refiere un escrito de Manuel Moreno Caracciolo en el diario *El Sol* en 1920. Decía: la jornada laboral en el Laboratorio de Investigaciones Físicas es «de ocho de la mañana a ocho de la noche, no se conocen más días festivos que los domingos y no se cobra sino al cabo de algunos años de labor meritoria». En él, y luego en el *Rockefeller*, se investigaba sobre metrología, elec-

³ La JAE creó en 1911 una Asociación de Laboratorios que agrupaba a varios dedicados a la Medicina, la Física y la Química. En 1912 se José Sureda fundó dentro de esa asociación el de Química General, que desde 1913 dirigió José Ranedo. En 1915, cuando se inauguraron los nuevos edificios de la Residencia de Estudiantes, entre ellos un pabellón de Laboratorios —el llamado *Transatlántico*— en la calle Pinar, detrás del Palacio de la Industria y Bellas Artes (en la Colina de los Chopos, como la bautizó Juan Ramón Jiménez), Antonio Madinaveitia y José M. Sacristán crearon otro, de Química Fisiológica, que funcionó de 1916 a 1919. El propio Madinaveitia atendía a las estudiantes del de Química de la Residencia de Señoritas, constituido en 1920 y dirigido por Marie Louis Foster, y también, junto a José Casares Gil y José Rodríguez Carracido los de la Facultad de Farmacia, que pasaron posteriormente al edificio *Rockefeller*. Miguel A. Catalán, por su parte, enseñó en el ubicado en el Instituto-Escuela (<http://www.csic.es/wi/webs/jae> y «Los laboratorios...», 1934).

tricidad, magnetismo, termología, óptica, rayos X, espectroscopia, química física y química orgánica. Cabrera trabajaba en magnetismo molecular y medidas de susceptibilidades atómicas, campo de estudio también de Eduardo Marquina o Emilio Jimeno. Enrique Moles lo hacía en la determinación de pesos atómicos por métodos químico-físicos; Ángel del Campo, Manuel Martínez Risco o Miguel A. Catalán en espectroscopia; Jerónimo Vecino en metrología; Julio Palacios en termología y luego en difracción de rayos X; Julio Guzmán en electroquímica; Antonio Madinaveitia en química orgánica (Arnal, 1956). A éste último dedica un artículo específico José Elguero en la primera parte del libro.

Otra de las virtudes de la JAE, a la que ya se ha hecho implícita referencia, fue fomentar la educación y dedicación a la investigación de las mujeres. Además de a docentes, la Junta pensionó a varias científicas de diversas especialidades para que estudiaran en el extranjero, propició su incorporación a los laboratorios españoles y creó específicamente para ellas la citada Residencia de Señoritas, su laboratorio de Química o una sección del Instituto-Escuela. En los distintos centros de la Junta tuvieron un espacio destacado, pequeño sin duda, pero inmenso comparado con el que habían tenido en las universidades e instituciones científicas del país anteriores a ella.



Guzmán (primera fila y primero por la izquierda) y sus compañeros de trabajo, incluida una de las mujeres que investigaban en su sección, en las escalinatas del Rockefeller, 1936 (Centenario de Julio Palacios, 1991, colección de la familia Palacios)

En el caso de la Física y la Química, entre 1932 y 1937, en la época del *Rockefeller*, 36 científicas estuvieron vinculadas al centro. Sólo unos ejemplos: Felisa Martín Bravo, la primera española doctorada en Física, y Piedad de la Cierva, trabajaron en su sección de Rayos X; Carmen González Escolar, que además auxilió a Foster en la dirección del Laboratorio de Química de la Residencia de Señoritas, en la de Química Orgánica; Dorotea Barnés, Pilar Madariaga, Rosa Bernís y María Paz García del Valle en la de Espectroscopia; Jenara V. Arnal y Manuela González en la Electroquímica, y María Teresa Salazar en la de Química Física (Magallón, 2004 y 2006).

Los trabajos de las mujeres y hombres del Laboratorio de Investigaciones Físicas crecieron en cantidad y calidad en muy pocos años hasta sorprender a Charles Mendenhall, quien señala en un informe encargado por la Fundación Rockefeller en 1926, cuando estudiaba financiarles su nuevo edificio e instituto:

«Encontré [en Madrid] un pequeño grupo de entusiastas y sorprendentemente bastante activos investigadores instalados de manera absolutamente inadecuada [...]. No conozco ninguna institución en Estados Unidos en la que se estén realizando tareas comparables en locales tan primitivos».

Además de hacerse eco de la opinión de Mendenhall, Sánchez Ron analiza los pormenores de la financiación del centro, que se retrasaron por motivos políticos, aunque acabaron resolviéndose. Sobre los problemas de espacio que tuvieron tantos y tan buenos contenidos científicos, sin embargo, Catalán afirmaba que sólo un año después de su inauguración, el *Rockefeller* estaba «lleno [...], sin] sitio para nadie más; parece mentira que en tan poco tiempo [...] se haya llenado, pero esa es la realidad». Pura teoría de la relatividad, parafraseando a Alberto Blanco, física del espacio que, por fortuna, se hizo más pequeño por el crecimiento de la labor en él, al contrario que los problemas, que «no se resuelven, / sólo van ocupando menos y menos espacio. / [...] y no crecen, / lo que crece es la conciencia de ser».

De la cantidad del trabajo dan fe los más de 230 artículos y libros publicados por los laboratorios de Investigaciones Físicas y Química Orgánica de Madinaveitia y el Instituto *Rockefeller* en su breve existencia enumerados en el folleto *Instituto Nacional de Física y Química*, impreso en 1932 para conmemorar su inauguración. A ellos se deben añadir otros libros y artículos editados por sus científicos fuera de su centro, en revistas españolas, como *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, o *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, e internacionales, todas ellas de gran prestigio en su época, como *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, *Journal of Biological Chemistry*, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, *Bulletin de la Société Chimique de France*, o *Untersuchungen über Enzyme*, donde publicaron Barnés, Catalán, Madinaveitia. Sellos de calidad de los que hay muchas más referencias. Sánchez Ron señala que en el libro de John van Vleck sobre la teoría de la electricidad y susceptibilidades magnéticas, de 1931, el investigador más citado es Cabrera, quien además fue anfitrión de Marie Curie y Albert Einstein en sus visitas a España, dos de sus compañeros en la Commission Scientifique del Institute Internationale de Physique Solvay, de la que formó parte. Fue también secretario del Comité Internacional de Pesos y Medidas, y con Moles, Del Campo y José Rodríguez Mourelo integró la sección nacional de la Comisión Internacional de Pesos Atómicos. Moles, por su parte, organizó en Madrid el IX Congreso de Internacional de Química Pura y Aplicada, asumiendo su Secretaría General. Pero, sin duda, la contribución más relevante de los hombres del Laboratorio de Investigaciones Físicas fue el descubrimiento de los multipletes por Catalán en 1921.



Reseña publicada en *Ibérica* del «IX Congreso de Internacional de Química Pura y Aplicada» (1936)

Catalán fue el químico-físico español más importante de su época por sus estudios sobre espectroscopia atómica. Pensionado de la JAE, profesor del Instituto-Escuela y director de la sección de Espectroscopia del Instituto *Rockefeller* (y antes del Laboratorio de Investigaciones Físicas), descubrió los multipletes en una estancia de investigación financiada por la Junta en el Imperial College de Londres. Dio ese nombre a los grupos de líneas distribuidas sin aparente regularidad que se observan en los espectros atómicos y que, sin embargo, tienen un origen físico común. Los multipletes permitieron explicar por primera vez los espectros atómicos más complejos y su hallazgo fue usado por Arnold Sommerfeld y otros físicos teóricos para desarrollar las teorías modernas del átomo, la «teoría cuántica» que —dice Alberto Blanco— nos «propuso que los electrones [...] / ¡no tienen órbita! / [...] que puede existir movimiento / sin trayectoria, sin recorrido y sin órbita. / ¿No es esto la poesía?»

Ya en los años veinte, el progreso de los trabajos en el Laboratorio de Investigaciones Físicas y de los estudios de Catalán en particular, demandaban infraestructura más adecuada y más espacio que los ofrecidos por las instalaciones del Palacio de la Industria y Bellas Artes. Fueron éstos argumentos suficientes para que Cabrera pidiese a la JAE que resolviera tales problemas y para que, en nombre de ella, Castillejo solicitase a la International Education Board de la Fundación Rockefeller, la financiación necesaria. Contó con el auxilio de María

de Maeztu, directora de la Residencia de Señoritas, y de Federico de Onís, que desde 1916 estaba trabajando en la Universidad de Columbia, donde acudió en respuesta a la solicitud que ésta hiciese a la JAE de un especialista para dirigir su departamento de Español, y desde entonces se encargó de las relaciones con las instituciones culturales y científicas estadounidenses. Sánchez Ron detalla las dificultades y demás pormenores de las negociaciones y cita un informe de Augustus Trowbridge al respecto que resume con precisión lo que estamos diciendo: «la Junta ha estado administrando un programa de becas» durante veinte años, y fruto del mismo había en Madrid «un núcleo suficiente de hombres educados en el extranjero en Física y Química para que sea seguro invertir una suma considerable en [dotarles de] un instituto».

Así fue. Con el fin de construir el nuevo instituto el Estado adquirió para campus de la JAE los terrenos detrás de la Residencia de Estudiantes, donde además habrían de alzarse el Auditorium y Biblioteca de esta última, los pabellones del Instituto-Escuela (hoy Instituto Ramiro de Maeztu) y un edificio destinado al Centro de Estudios Históricos y a las oficinas centrales de la Junta, que no pudo realizarse debido a la Guerra Civil y en cuyo solar se alzó luego el pabellón polideportivo Antonio Magariños. En el caso específico del *Rockefeller* se contó con una donación de 420.000 dólares de la International Education Board que se emplearon en las obras, pero también en pagar el proyecto, que tras salir a licitación pública ganaron Manuel Sánchez Arcas y Luis Lacasa, y una serie de visitas a laboratorios extranjeros que ayudasen a diseñar el centro. Catalán y Moles acompañaron a los arquitectos en tales viajes y formaron, con Cabrera, Palacios, Madinaveitia, José Rodríguez Carracido, Juan María Torroja y el también arquitecto Modesto López Otero, la comisión que supervisaría los trabajos. La empresa alemana Siemens & Halske fue la encargada de las instalaciones científicas.

El *Rockefeller* se inauguró al fin el 6 de febrero de 1932, ya en época republicana, en un acto al que acudieron el ministro de Instrucción Pública, Fernando de los Ríos, Claudio Sánchez Albornoz, otras autoridades del Gobierno y de la JAE, sus físicos y químicos y algunos eminentes científicos extranjeros con los que éstos se habían formado en sus estancias en el extranjero e inaugurado sólidas relaciones de trabajo: el citado Sommerfeld, Otto Hönigschmidt, Paul Scherre, Pierre Weiss o Richard Willstätter, quienes dejaron su rúbrica en un libro de visitas mantenido hasta muchos años después y del que se reproducen algunas páginas en esta obra.

Durante esos años, primero de negociaciones y luego de obras para la construcción del *Rockefeller*, la JAE experimentaba cambios inherentes al éxito de su labor y también propios del acontecer político. En 1926 Manuel Martín Domínguez y Carlos Arniches iniciaban las obras de los edificios del Instituto-Escuela en la Colina de los Chopos, paralelos al futuro Instituto Nacional de Física y Química, y el ministro de Instrucción Pública nombraba un patronato para dar más autonomía al colegio, aunque mantenía su dependencia de la Junta. En 1927 ésta tuvo que dejar de conceder pensiones en grupo por requerirse autorización ministerial para ellas, pero también se dotó de un nuevo centro (la Misión Biológica de Galicia, ubicada en Pontevedra, uno de los pocos que tuvo fuera de Madrid) y su secretario, Castillejo, ingresó en el Comité de Cooperación

Intelectual de la Sociedad de Naciones. En 1928 la JAE obtuvo del Estado el Palacio de Hielo, sito en la madrileña calle Duque de Medinaceli, para su Centro de Estudios Históricos y Pedro Mugurza inició su adaptación.



El campus de la JAE hacia 1936. En el centro la Resí, a la izquierda el Palacio de la Industria y Bellas Artes. Al fondo alcanza a verse parte del Instituto-Escuela y del Auditorium y Biblioteca de la Residencia de Estudiantes, detrás y a la derecha del Rockefeller respectivamente (maqueta situada en el edificio central del CSIC. Fotografía de Pablo Linés, DPCSIC)

En 1922, al jubilarse Ramón y Cajal, la JAE decidió segregar del Instituto Nacional de Ciencias el centro de Investigaciones Biológicas y construirle un edificio en el cerro de San Blas, parque del Retiro (el llamado Instituto Cajal), poco antes de empezar a negociar la separación del Laboratorio de Investigaciones Físicas. En su crecimiento ese laboratorio acogió en 1920 a la Cátedra Cajal, financiada por la Institución Cultural Española de Buenos Aires, fundada en 1914 por Avelino Gutiérrez con apoyo de la Junta, y se creaba en Puerto Rico otra institución similar a la porteña. En 1929 el Instituto-Escuela contó con nuevo edificio, también en el cerro de San Blas (actual Instituto Isabel la Católica). En 1930, cuando acabó la dictadura de Miguel Primo de Rivera, el Centro de Estudios Históricos inició sus Misiones de Arquitectura por toda la geografía española, ampliadas luego en sus contenidos y renombradas como Misiones de Arte en 1931. Pero, de nuevo hechos de signo contrario, el ministro de Instrucción Pública declaró a los profesores del Instituto-Escuela en propiedad de sus plazas (hasta entonces ocupadas en comisión de servicios), dificultando la flexibilidad de plantilla que se había planteado en el proyecto del centro (Moreno, 2007: 239).

Esos hechos de signo contrario arreciaron al proclamarse la Segunda República en 1931. El institucionista De los Ríos era nombrado ministro de Instrucción Pública y aumentaba el presupuesto para pensiones de la JAE, que desde entonces

superarían el centenar cada año, el Centro de Estudios Históricos ocupó el Palacio del Hielo, se inauguró el pabellón de Bachillerato del Instituto-Escuela en la Colina de los Chopos, se encargó a sus arquitectos, Martín Domínguez y Arniches construir el de Párvulos y el Auditorium y Biblioteca de la Residencia de Estudiantes, acabados en 1933 y 1932, y se decidió que los laboratorios del Laboratorio de Investigaciones Físicas que estaban en la Facultad de Farmacia pasarían al edificio *Rockefeller*, a punto de inaugurarse. Al mismo tiempo, sin embargo, el Gobierno de la nación había resuelto que la labor de promoción de la ciencia básica de la Junta estaba suficientemente avanzada para plantear un proyecto más ambicioso que también fomentase la investigación aplicada y abarcase una geografía más amplia (a la JAE se le acusó de estar excesivamente centralizada en Madrid). Con ese propósito se creó en 1931 la Fundación Nacional para Investigaciones Científicas y Ensayos de Reformas, a la que, por cierto, la Fundación Rockefeller financiaría varios laboratorios en 1933. Se nombró director a Castillejo, que presentó su renuncia, nunca concretada, a la secretaria de la Junta, y se le transfirieron varios centros de ella: el Laboratorio de Mecánica Industrial y Automática de Leonardo Torres Quevedo, y el Laboratorio y Seminario Matemático que había creado Julio Rey Pastor en el Instituto de Nacional de Ciencias en 1915 (Formentín y Rodríguez Fraile, 2001). Además se decidió que el Instituto Cajal, que en 1932 ocupó su edificio del parque del Retiro y carecía de los fondos necesarios para proseguir sus investigaciones, recibiese ayuda financiera de la nueva fundación, aunque sin desligarse de la Junta (Santamaría, 2007).

Cabe ver estos hechos, en apariencia contradictorios, y que desde luego dieron lugar a conflictos, como una evolución natural del proyecto de fomento pú-



Fachada y cuerpo antepuesto del edificio *Rockefeller* (IQFR)

blico de la ciencia del que formaba parte la JAE, pero en el que ahora debía ceder parte de su protagonismo, aunque sin dejar de seguir creciendo. Así, en 1932 se crearon dentro del Centro de Estudios Históricos un Instituto de Estudios Medievales y dos escuelas de Estudios Árabes en Granada y Madrid, dirigidas por Sánchez Albornoz, Emilio García Gómez y Miguel Asín Palacios respectivamente. En el Museo Nacional de Ciencias, por su parte, se fundaba un Laboratorio de Genética, a cargo de Antonio de Zulueta, y la Estación de Biología Marina de Marín (Galicia), a cuyo frente estaría José Rioja y que no llegó a fructificar, al tiempo que se escindían de su centro matriz, el Instituto Nacional de Ciencias, los institutos Cajal y Nacional de Física.

Ese era el ambiente que vio nacer el *Rockefeller* de Sánchez Arcas y Lacasa, amigo de Federico García Lorca, quien le dedicó un poema, «Vaca» de *Poeta en Nueva York*, eso sí, nada arquitectónico, y del que extractamos unas líneas «[...] un alarido blanco puso en pie la mañana. / [...] rubor de luz o miel de establo, / [...] Arriba palidecen / luces y yugulares. / [...] Que se entere la luna / y esa noche de rocas amarillas: / que ya se fue la vaca de ceniza [...]». Ambos maestros de obras, junto a sus científicos colaboradores y los ingenieros de Siemens & Halske diseñaron como un edificio que ha sido calificado de arquitectura del saber.

El Rockefeller. 75 años

Los estudios de la primera parte del libro, que hemos titulado «El *Rockefeller*. 75 años», firmados por el propio Sánchez Ron, Salvador Guerrero y Cristina García González, Wolfgang Schaeffner y Antonio Bonet Correa, extraído este último de la citada obra con que se conmemoró el cincuenta aniversario de la inauguración del edificio, analizan una construcción pensada con tal precisión y propiedad que aún hoy sigue siendo apropiada para la investigación experimental y por eso mantiene el mismo uso con que se creó setenta y cinco años después. Junto a ellos esa sección del libro incluye el también mencionado estudio de Elguero sobre Madinaveitia, un ejemplo, pero con especial interés. Mucho se ha escrito sobre los científicos de la llamada edad de plata de la ciencia en España y particularmente sobre los que estuvieron implicados en la creación del Instituto Nacional de Física y Química. La labor de Cabrera, Moles o Catalán ha sido objeto de múltiples estudios históricos. Varios de los artículos de este libro se refieren también a ellos, a Guzmán, Palacios, y a otras figuras menos conocidas (Martínez Risco, Vecino, Del Campo). El de Madinaveitia es uno de esos casos *olvidados* y Elguero pretende recuperar la memoria de un investigador que tuvo un papel muy relevante en la Química en su país y en México, donde se exilió tras la Guerra Civil. Tales artículos se acompañan, para cerrar la primera parte de la obra, con un apartado de «Documentos» en el que se editan algunos de los reales decretos y órdenes referentes a la financiación y las obras del Instituto Nacional de Física y Química, el folleto conmemorativo de su inauguración y un artículo de E. Marchesi en la *Revista SIEMES* acerca de sus

instalaciones eléctricas, documentos, los dos últimos, de difícil acceso y que se ha querido recuperar aquí.

Es el *Rockefeller* un edificio de tres plantas, con sótano y buhardilla, de diseño sobrio y funcional, orientado de Norte a Sur para proporcionar a los científicos una óptima iluminación natural, conseguida mediante una sucesión de ventanas, que ocupan una sexta parte de la fachada y rompen su horizontalidad. Esa fachada, de ladrillo visto, como la de la Residencia de Estudiantes, se construyó con muros de hormigón y recubrimientos de placa de corcho con el fin de aislar térmicamente el interior.

Un pórtico de estilo clásico es la única licencia superflua que se permitieron los arquitectos. Un frontón rectangular en su parte superior descansa sobre cuatro grandes columnas rematadas por arcos que forman tres grandes vanos acristalados y reposan sobre una escalinata. Lacasa escribió que ese estilo, neopalladino colonial estadounidense, fue una concesión muda al mecenas, John D. Rockefeller, quien no permitía que su nombre apareciese en sus donaciones. Guerrero y García González, empero, ofrecen una novedosa interpretación en este libro argumentando, por comparación con otras obras de los arquitectos y colegas más cercanos en la época, que también pudo ser una cortesía fausta al Estado, ávido siempre de cierta parafernalia y monumentalidad en los edificios oficiales. Sea como fuere el pórtico posterior del instituto, como contrapunto, se diseñó con la misma sobriedad que el resto de la casa.

El pórtico principal da acceso a las zonas públicas y más ruidosas del edificio: el vestíbulo, con la sala de conferencias a su izquierda y la secretaría y la biblioteca a su derecha, ubicadas en un cuerpo central, antepuesto y separado, con el fin de aislarlas de las naves transversales, donde están los laboratorios y trabajan los investigadores. En la fachada sendos portales sujetos por cuatro pilares y remados por balconadas en la primera planta continúan ese cuerpo central a derecha e izquierda.

El vestíbulo, la sala de conferencias y la biblioteca ocupan dos plantas. Sobre estas últimas se disponen terrazas al ras del suelo del tercer piso de la nave de laboratorios, por donde tienen acceso. Sobre el vestíbulo si hay una planta más que albergó a la sala de seminarios y otras dependencias, iluminadas por tres ventanales rectangulares, y encima otra terraza a la que se entra por la buhardilla del edificio.



(Izquierda) vestíbulo del *Rockefeller* durante la exposición realizada para celebrar sus 75 años. En el fondo, de izquierda a derecha, fotografías de Moles, Cabrera y Catalán. En primer plano Pilar Tigras, directora del Área de Cultura Científica del CSIC, y José Elguero, presidente del CSIC en 1983-1984 (Xiomara Cantera, SPCSIC). (Derecha) sala de lectura de la biblioteca del edificio (IQFR)

Gracias a su elevado puntal, sala de conferencias y biblioteca están iluminadas por vanos dobles que cubren sus dos plantas, rematados con arcos como los de la fachada principal, con el fin de proporcionarles luz natural. La biblioteca se dispuso, salvo en el muro de las ventanas, con una galería en su segundo cuerpo para colocar los estantes de libros y revistas, accesible mediante una escalera de caracol que más tarde se reemplazó por otra más amplia. Con sus peldaños, salón de lectura y depósito reminiscencia en pequeña escala la biblioteca de Babel de Jorge Luis Borges:

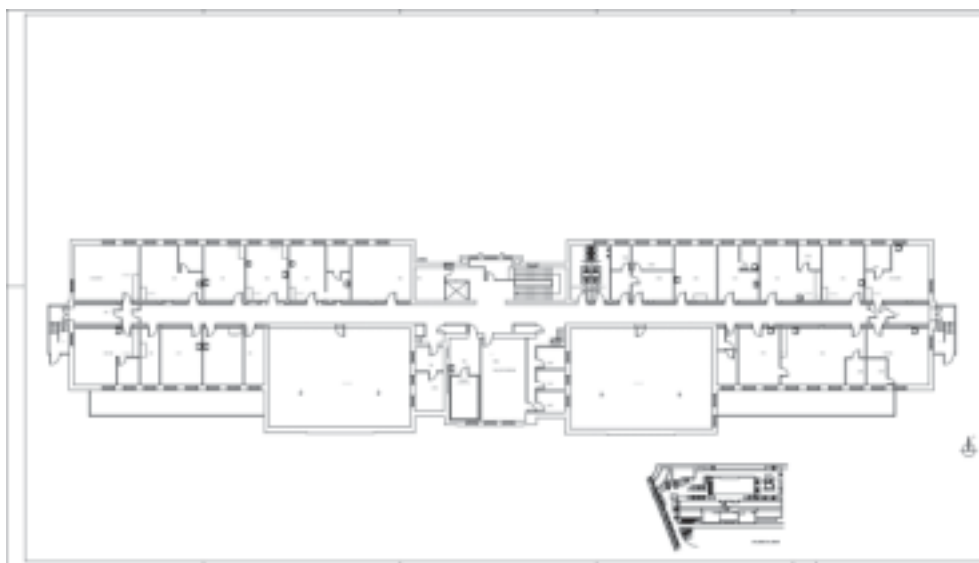
«El universo (que otros llaman la Biblioteca) se compone de un número [...] tal vez infinito, de galerías hexagonales [...] que permiten] satisfacer las necesidades finales. Por ahí pasa la escalera espiral, que se abisma y se eleva hacia lo remoto. [...] La Biblioteca existe *ab alterno*.

En la sala de conferencias —dice Schaeffner— paredes y techo se recubrieron de celotex para absorber el eco y aislar de ruido a los laboratorios. En su entrada un vestíbulo, simétrico al que ocupa la secretaría, da paso a una escalera que eleva el piso para poder colocar luego las filas de asientos descendiendo en un ángulo que permite ver correctamente desde todas al conferenciante. Además está dotada de cabina de cine y de una mesa frontal de caoba que ocupa casi todo el ancho de la habitación y dispone de canalizaciones de gas, agua, electricidad, aire comprimido y vacío. Todo lo que requiere la presentación de los experimentos a la audiencia.

En su recopilación de escritos editada en 1976 dice Lacasa que «desde la mesa de trabajo, por grados sucesivos, puede establecerse la unidad estructural que sirve de base al sistema», al instituto. En efecto, así lo diseñaron él y Sánchez Arcas, a partir de la mesa, con su planta principal rectangular de laboratorios discurrendo de Este a Oeste, dividida en dos alas y atravesada por un pasillo central. Ese esquema se reproduce en las tres plantas, salvo en el centro de la tercera, que da acceso a la sala de seminarios. Dicha planta se dedicó a la Química y la segunda a la Química Física. La primera quedó para los físicos, debido al peso de los aparatos que usan y que así pueden descansar en sobre el suelo, montados en plataformas de hormigón.

Los laboratorios a ambos lados de los pasillos están aislados de las vibraciones de los ascensores, las máquinas, ubicadas en el sótano, y las partes públicas del instituto mediante juntas de dilatación cuidadosamente estudiadas. El peso del edificio, además, carga sobre pilares de hormigón colocados cada 4,5 metros, de forma que los tabiques que dividen los diferentes compartimentos interiores que ocupan los espacios de trabajo son independientes de la estructura principal de la construcción.

Los laboratorios del *Rockefeller* son así espacios flexibles. Como comenta Bonet Correa, al separarlos con tabiques en vez de muros es posible aumentar o reducir su área si lo requieren los equipos o las investigaciones desarrolladas en ellos sin necesidad de grandes obras. Además un sistema de recubrimiento con delgada chapa ondulada de hierro forma una doble pared entre ellos y los pasillos, dejando un hueco en su interior por el que pasan tuberías y cables. Esto permite moverlos, intercambiarlos o añadir otros nuevos también sin realizar trabajos de albañilería.



Plano de la tercera planta del edificio *Rockefeller* la dedicada a los laboratorios de Química y desde la que se accede a las terrazas dispuestas sobre la biblioteca y la sala de conferencias (IQFR)

Mediante el sistema de dobles tabiques cada laboratorio del *Rockefeller* está conectado a las instalaciones de gas, agua, electricidad, aire a presión, ventilación, calefacción o teléfono y al servicio de canalización de líquidos, que se evacuan a través de tuberías de gres anticorrosivo situadas en los entrepisos.

A la entrada de los pasillos derecho e izquierdo de las tres plantas, grandes cuadros eléctricos permitían enviar la corriente específica en voltaje e intensidad que necesitaba cada laboratorio y que variaban según los experimentos que estuviesen realizando. También en la entrada de cada pasillo, colgado del techo, se colocó un gran reloj, y en una de sus paredes un barómetro de precisión para medir la presión atmosférica, cuyo valor exacto requerían conocer los investigadores en tales experimentos. Otros datos necesarios eran la temperatura y la humedad relativa, pero como éstas cambiaban en cada laboratorio (a diferencia de la presión, constante para todos), los termómetros e hidrómetros estaban situados en ellos.

En los techos de los pasillos, finalmente, hay colocadas bandejas que soportaban los cables de distribución, igualmente para moverlos, retirarlos o añadir otros nuevos sin grandes dificultades.

El *Rockefeller* estaba también dotado de un sistema de calefacción y aire frío. El flujo del aire se canalizaba mediante conductos, y grandes extractores eliminaban el viciado del interior, sustituido por otro nuevo inyectado del exterior, filtrado y acondicionado a la temperatura requerida. Para calentarlo se usaban calderas situadas en el sótano; la refrigeración se conseguía haciéndolo pasar por una cortina de agua previamente enfriada. Ese sistema, igual que los cuadros eléctricos, reemplazados ambos por tecnología más moderna, y las bandejas del techo, sustituidos los cables por fibra óptica, son algunas de las pocas instalaciones del edificio que ya no se utilizan.

En la parte posterior central de las naves de laboratorios se colocaron los ascensores, a la izquierda, y las escaleras a la derecha. Allí está la salida a la parte

trasera del edificio, que así queda comunicada visualmente con la entrada principal. Otra pequeña escalera da acceso a su puerta y atravesándola y tras cruzar una calle, se llega a los tres pabellones independientes y de una sola planta, paralelos a la construcción principal, con que se completó el *Rockefeller*. Uno para vivienda del conserje; otro, muy reducido, para la maquina productora de aire líquido, y el tercero, el más grande, destinado a los talleres, aún en uso. Se diseñaron los talleres independientes, como el cuarto de la máquina de aire líquido, de nuevo con el fin de aislar a los laboratorios de los ruidos y vibraciones que producen sus trabajos. En ellos se fabricaron o adaptaron muchos de los aparatos necesarios para la investigación con la estrecha colaboración de técnicos y científicos, así como las probetas y demás recipientes soplados en vidrio que requerían, sobre todo, los químicos.

Desde el pequeño vestíbulo en que se encuentra la salida posterior del *Rockefeller* las escaleras descienden hasta los sótanos. Siguiendo el mismo criterio de ofrecer el ambiente más adecuado posible para la investigación y a la vez dotarla del instrumental imprescindible, dicho sótano se acondicionó para alojar las grandes máquinas auxiliares y de evitar perturbaciones acústicas a los laboratorios.

En el sótano se construyó también un laboratorio especial, que aún se usa, con dobles paredes cubiertas de paneles de corcho que garantizan igualmente la ausencia de vibraciones transmitidas desde su exterior y una temperatura constante. En él trabajaron Catalán y otros investigadores del centro y hoy alberga el instrumental para datación por el método de carbono 14 del grupo de Geocronología del Instituto de Química Física del CSIC.



Plano de los sótanos del edificio
Rockefeller (IQFR)

Tiempos de investigación

Si en la primera parte del libro, además de los aspectos referidos al edificio, se da cuenta del trabajo que se realizó en él y antes el Laboratorio de Investigaciones

Físicas, la segunda parte da un salto en el tiempo para analizar y describir, sobre todo, la investigación desarrollada en las últimas décadas y hasta la actualidad. La razón es que la obra editada cuando el *Rockefeller* cumplió medio siglo se hacía ya lo propio con el lapso aquí relativamente omitido (1939-1982).

Como se ha dicho, en 1939, al fundarse el CSIC, la mayoría de los centros de la JAE se integraron en él. Antes Guzmán, que se había hecho cargo de la dirección del Instituto Nacional de Física y Química tras la Guerra Civil (antes la asumió Moles, al exiliarse Cabrera al inicio de la contienda), había creado para el mismo un patronato formado por él y Torroja, José Casares Gil, Antonio de Gregorio Rocasolano y Esteban Terradas.

Al constituirse el CSIC las investigaciones químicas y físicas quedaron englobadas en el Patronato Alfonso X el Sabio. Las químicas dentro de un nuevo instituto, el Alonso Barba, creado en 1940, dirigido por Casares Gil y ubicado en el *Rockefeller*, que desapareció en 1967, fundándose entonces los institutos de Química Orgánica y de Ciencia y Tecnología de Polímeros, que se trasladaron posteriormente a otros edificios. Para la Física se creó el Instituto Alonso de Santa Cruz, también en 1940, con el mismo director que el Alonso Barba y ubicado igualmente en el *Rockefeller*.

Del Alonso de Santa Cruz se independizó en 1946 el Instituto de Óptica Daza Valdés, cuya jefatura asumió José María Otero Navascués y que se trasladó a un edificio construido por Miguel Fisac en el espacio que separaba el *Rockefeller* del Auditorium y Biblioteca de la Residencia de Estudiantes. En el *Rockefeller* quedó el Instituto de Química Física Rocasolano, fundado el mismo año y siendo nombrado director Antonio Rius Miró.

El nuevo Instituto de Química Física del CSIC tomó su nombre de un hombre que nunca trabajó en él. De hecho había fallecido cuando se fundó. Como señala Manuel Rico en su artículo de este libro la elección fue probablemente desacertada, sobre todo vista desde hoy. Rocasolano, fue vicepresidente del Consejo, maestro de su primer secretario general, José María Albareda, y uno de los grandes detractores de la Institución Libre de Enseñanza y de la JAE, que le negó financiación y ayuda para su laboratorio de la Universidad de Zaragoza, en su opinión injustamente (Rocasolano, 1940a y b). Además, después de la Guerra Civil tuvo el dudoso honor de dirigir la Comisión de Depuración del Personal Universitario (Calret, 2004, y Mañes, 2007). Tras dicha guerra no sólo desapareció la Junta, muchos de sus científicos tuvieron que exiliarse o sufrieron la persecución de esa comisión y otros avatares. Algunos de los que integraron el Instituto Nacional de Física y Química, como Guzmán o Palacios, corrieron mejor suerte, y heredaron un legado de investigación en España (otra parte se heredó en los países del exilio) que prosiguió luego, aunque en peores condiciones y con un ritmo y resultados muy inferiores a los que tuvo antes de 1936, y que se ha mantenido hasta la actualidad con un fuerte crecimiento desde la Transición y, sobre todo, en las últimas décadas.

Nos quedamos con las continuidades, con esas líneas capaces de «cambiar del mundo el ritmo» y el «porvenir que viene» que decía Carriedo, lo que no significa recurrir al olvido, sino tan sólo que éste es lugar para rendir homenaje y parece más oportuno insistir en lo positivo, inteligente si se quiere, como

señala Gregorio Morales: «en el átomo, / en la célula, / en la estrella», hasta «en la nada, / todo es inteligencia. / Aunque el universo se extinga» permanecerá «la inteligencia».

Las secciones originales del Instituto de Química Física fueron: Electroquímica, Espectroscopía, Química Física Pura, de Procesos Biológicos, y de Procesos Industriales. Hoy se han mantenido algunas líneas de trabajo, otras han cambiado y los departamentos que componen el centro son: Biofísica, Cristalografía, Espectroscopía y Estructura Molecular, Estructura y Dinámica Molecular, Química Física de Interfases y Electroquímica, y de Macromoléculas Biológicas, Química Láser y Laboratorio de Geocronología. En los años setenta se crearon dos nuevos institutos del CSIC a partir de algunas de esas secciones, el de Catálisis y Petroleoquímica y el de Estructura de la Materia. Juan Francisco García de la Banda asumió la dirección del primero, por lo que explica en un artículo de este libro la historia inicial del centro. Alfredo Tiemblo Ramos se encargó de la del segundo, fundado en 1975, y que aún conserva un departamento en el *Rockefeller*, aunque se ha ido trasladando paulatinamente al cercano edificio que fuera Auditorium y Biblioteca de la Residencia de Estudiantes, o a lo que quedaba de él, pues parte fue convertido por Fisac en una iglesia.



Esquina del edificio del Auditorium y Biblioteca de la Residencia de Estudiantes, donde se puede ver el inicio de la cúpula de la iglesia que construyó en él Fisac (Abel Veldenegro, CSIC)

El departamento de Física Macromolecular del Instituto de Estructura de la Materia es el que permanece aún en el *Rockefeller*, pero el trabajo de los científicos de ese centro ha sido y es parte esencial de la labor científica desarrollada en tal edificio en las últimas décadas, por lo que varios de los

capítulos del presente libro se dedican a analizarla. El Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, por su parte, permaneció en su antigua casa hasta 1990, cuando se trasladó a sus instalaciones actuales en el campus de la Universidad Autónoma de Madrid.

Hemos titulado «Tiempo de investigación» a la segunda parte del libro por su vocación de continuidad con esa otra obra mayor con la que CSIC homenajeaba a la Junta para Ampliación de Estudios y que a su vez evoca el lema del Consejo: «es tiempo de investigación, es tiempo de vida, es tiempo CSIC». En ella sendos artículos generales de Francisco J. Baltá Calleja y Manuel Rico analizan la investigación en Física y en «Bio-Química-Física» en el *Rockefeller* y el CSIC; García de la Banda aborda un ejemplo, el propio, como hacía Elguero con el de Madinaveitia en el capítulo primero: «De la espectroscopia a la catálisis: mi vida en el *Rockefeller*»; Esperanza Iglesias Sánchez, directora de la biblioteca, escribe acerca de ella, de sus fondos, que han logrado mantener, actualizar e informatizar para seguir siendo un establecimiento de referencia internacional, y José Sáiz sobre los talleres, donde se ha señalado que se fabricaron o adaptaron muchos de los equipos e instrumental científicos. Después siguen estudios dedicados a los diferentes departamentos, grupos, laboratorios que hubo y hay en el edificio. Martín Martínez Ripoll dedica el suyo a «La herencia de cien años de cristalografía»; los departamentos de Espectroscopía y Estructura Molecular, Biofísica, Química Física de Macromoléculas Biológicas, Estructura y Dinámica Molecular y Química Láser reciben la atención de Jorge Santoro, A. Ulises Acuña, Margarita Menéndez, Enrique Lomba y Margarita Martín Muñoz. Claudio Gutiérrez de la Fe, Mercedes García García y José María Guil-Pinto se refieren a la labor de los grupos de Electroquímica, Análisis de Superficies y Espectroscopía Mössbauer, y Adsorción. Finalmente, Baltá Calleja analiza «La física macromolecular», Salvador Montero «El departamento de Física Molecular», María Luisa Senent «El Laboratorio de Química Cuántica», Alfredo Tiemblo la «Física teórica», y Antonio Rubinos «El Laboratorio de Geocronología».

Sólo unos ejemplos. García de la Banda destaca su impresión por la modernidad de las instalaciones que se encontró a su llegada al *Rockefeller*, haber conocido a Catalán, o lo que supusieron para los estudios de catálisis la visita de investigadores extranjeros, como en los tiempos de la JAE, sobre todo de Heinz Heinemann, y luego de Gabor Somorjai y Paul H. Emmett. También detalla la creación en una reunión en el centro de la Sociedad Iberoamericana de Catálisis en 1968 y, tras la segregación del mismo del actual Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, el inicio de los trabajos sobre biocatálisis, una referencia internacional de la que da fe otra visita, la de Clarence Chang, en 1996, con el fin de conocer los avances en ese campo para iniciar una línea de investigación en su empresa, la Mobil Oil Company. Otro científico de la Junta, Palacios, había iniciado en el Instituto Nacional de Física y Química la difracción de rayos X con los medios económicos y equipamientos heredados de la Cátedra Cajal, señala Martínez Ripoll, quien además subraya lo que supuso para la cristalografía la labor incansable de Sagrario Martínez Carrera, la instalación en el Instituto de Química Física del CSIC del primer equipo automatizado de difracción de rayos X en los años setenta, o del computador

Rocky. Continuidades sin las que no es posible explicar, por ejemplo, la participación actual de sus herederos científicos en proyectos internacionales como el ALBA (Laboratorio de Luz Sincrotón).

Santoro comenta, por otro lado, que a fines de los años cincuenta Jesús Morcillo, José Herranz y Julio Fernández Biarge desarrollaban la teoría de los tensores polares atómicos, que «acabaría por dar relevancia internacional al denominado grupo de Madrid». También señala que Rico, como hiciera Catalán años antes, fue becado al Imperial College de Londres, donde se inició en la técnica de resonancia magnética nuclear. A su regreso se instaló en el *Rockefeller* uno de los primeros equipos de RMN que hubo en España y formó parte de uno de los grupos que ha sido líder en ese campo durante varias décadas, con hitos notables, como la observación, ya en la década de 1980, de estructuras de hélice en péptidos cortos o la obtención de «primera estructura tridimensional de una proteína» por tales métodos en el país. Rico ganó en 2003 el premio Nacional de Investigación Enrique Moles en el área de Ciencia y Tecnología Químicas, «por sus relevantes méritos científicos y por el impacto en el ámbito internacional de sus contribuciones de la aplicación de la resonancia magnética nuclear en las áreas, entre otras, de los productos naturales y las proteínas» («Los jurados...», 2003). En cuanto al departamento de Biofísica, ha centrado tradicionalmente su labor en la interpretación de «las propiedades funcionales de proteínas y membranas biológicas a partir de procesos de dinámica molecular e interacciones intermoleculares». Acuña destaca de él, además, que contó desde 1975 con el primer espectrómetro BR que hubo en España, sus investigaciones de la membrana púrpura de *H. halobium* y, más recientemente, haber completado «la larga búsqueda del fluoróforo que da lugar a la enigmática emisión del *Lignum nephriticum*», descrita por Nicolás B. Monardes en el siglo XVI.



VIII Congreso Internacional de Termodinámica y Cinética Electroquímica (CITEC), celebrado en 1956 el Instituto de Química Física del CSIC una década después de su creación. En primer plano, a la izquierda, John O'Mara Bockris. Detrás, vestido de negro, José Ibard; Juan Llopis, con la mano en la barbilla, y Apolo Gómez Morillas en el proyector (colección José Sáiz)

Los físicos y químicos del CSIC no perdieron, por tanto, la costumbre de completar su formación en el extranjero. En el King's Collage de Londres estuvo Juan Llopis a mediados de los años cincuenta y creó a su vuelta al *Rockefeller* la sección de Química Física de Superficies y Coloides. Otra investigadora del centro, María Domínguez Astudillo, estuvo en el Radiochemical Laboratory of Cambridge y al regresar fundó el Laboratorio de Radiobiología. Un tercero, Armando Albert, tras pasar también por Cambridge, inició el «estudio químico físico de proteínas plasmáticas y su desnaturalización por diversos agentes». Esos fueron los inicios del departamento de Química Física de Macromoléculas Biológicas, según explica Menéndez, que en la actualidad trabaja en tres grandes líneas: «glicobiología estructural, estructura y termodinámica de proteínas: reconocimiento molecular, y bioconformática de proteínas».

En otro departamento, el de Estructura y Dinámica Molecular, Lomba destaca también diversas líneas de investigación a lo largo del tiempo que confluyen en las desarrolladas en hoy en día. Por ejemplo «la elucidación de las excitaciones colectivas que dan lugar a lo que supuestamente se había identificado [...] como sonido rápido en el agua líquida», o «la estructura electrónica de medios desordenados, métodos de simulación *ab initio*, [y] transiciones de fase orden-desorden». Entre los trabajos actuales el autor señala la teoría y los métodos de modelado y simulación *ab initio*, por su creciente importancia en las ciencias experimentales, los que se llevan a cabo en el Laboratorio de FTICR, creado en 1988 y mejorado con una nueva estación de datos en 2001, el reciente hallazgo de un compuesto de carbono penta-coordinado, la modernización del Laboratorio de Combustión y el inicio en él, ya en el siglo XXI, del estudio de compuestos derivados del tiofeno o de un proyecto que ha tenido como resultado la elaboración de la norma UNE 164001 EX Biocombustibles Sólidos. Una vez más las continuidades —dice el autor—: por la labor ininterrumpida y de calidad desde su creación, el grupo de Termoquímica ha propiciado que sea considerado un equipo de referencia mundial, conocido como la escuela de Madrid.

El desarrollo de las técnicas de química láser en el *Rockefeller* fueron igualmente pioneras en España. Martín Muñoz cuenta que desde 1982 se construyeron en sus talleres «láseres de descarga longitudinal de CO₂, de descarga transversal de excímeros de ArF y XeCl, y en 1985 se completó [...] otro] de colorante bombeado por el excímero de XeCl», y que las líneas de trabajo abiertas actualmente se dedican a investigar de aspectos fundamentales y aplicaciones de la ablación láser de materiales, con la participación en proyectos como «Advanced Workstation for Controlled Laser Cleaning of Artworks», en que suman esfuerzos seis países europeos con el fin de desarrollar técnicas de limpieza y conservación del patrimonio artístico. Otras líneas emergentes y en colaboración con otros centros exploran «procesos implicados en la interacción de las moléculas y materiales con campos láser ultraintensos». En cuanto a la electroquímica, Gutiérrez de la Fe destaca el redescubrimiento en 1989 de «un curioso fenómeno electrocatalítico: [...] si el CO se admitía a la celda electroquímica mientras el electrodo de Pt se mantenía a un potencial inferior a 0.1 V vs RHE [...] la electrooxidación del CO disuelto tenía lugar a un potencial de sólo 0.6 V, muy inferior al valor de 0.9 V observado cuando el CO se introduce a circuito

abierto». También detalla el inicio en 2000 de los trabajos de electrocatálisis con monocristales, del hallazgo en colaboración con la Universidad Autónoma de Madrid de «lo que es probablemente el único caso en que se ha podido distinguir mediante espectroscopía electrónica, la EER de ultravioleta-visible, entre la quimisorción y la fisisorción de una especie», o de la demostración de que «hacen falta al menos tres átomos de platino contiguos para poder deshidrogenar metanol hasta CO, mientras con agrupamientos atómicos menores la oxidación transcurre hasta CO₂ sin pasar por CO». Este estudio de Ángel Cuesta, mereció el premio CIDETEC, uno de los muchos galardones recibidos por los científicos del *Rockefeller*.



Efectos de ablación láser sobre una muestra semiconductor de sulfuro de cadmio (Rebeca de Nalda, IQFR)

El análisis de superficie y espectroscopia Mössbauer (EM) se inició en 1973 —cuenta García García— con una investigación sobre los factores estructurales y ambientales que influyen en la corrosión de materiales ferrosos, gracias a un contador de electrones para *conversion electron Mössbauer spectroscopy*, como muchos otros equipos del *Rockefeller*, sobre todo según nos remontamos en el tiempo, construido en sus talleres y que fue prestado a otros grupos para copiar su modelo. Las investigaciones del centro sobre instrumentación y aplicaciones industriales de la EM fueron reconocidas por el ISIAME International Board, que le confió la organización en Madrid en 2004 del «VI International Symposium on the Industrial Applications of the Mössbauer Effect». También han destacado los estudios de EM en arqueometría, verbigracia, en la caracterización de cerámicas ibéricas y suritálicas. En cuanto al grupo de Adsorción del Instituto de Química Física del CSIC, Guil Pinto indica que se inició con estudios de adsorción física, pero que desde los años sesenta éstos se ampliaron a la quimisorción, donde

luego destacaron los trabajos con catalizadores de Ir. Con aplicación de métodos térmicos, «se demostró la inmovilidad de la adsorción de oxígeno en Ir, y se amplió el conocimiento de reacciones superficiales en las que se había preadsorbido uno de los reactantes, $O_{ads} + H_2$, $CO_{ads} + O_2$, por ejemplo». Actualmente se ha iniciado el estudio de otros catalizadores metálicos soportados y los estudios sobre zeolitas han ampliado el espectro de intereses del equipo. El autor también resalta la participación en un proyecto PETRI con la empresa TOLSA, el Centro Tecnológico del Juguete y la Asociación de Investigadores de la Industria del Juguete para eliminar contaminantes de materiales poliméricos de artículos lúdicos y utensilios de alimentación infantil por incorporación de adsorbentes.

Balta Calleja, en su artículo acerca de la física macromolecular explica brevemente la historia de los polímeros, entre cuyos *padres* estuvo Theodor Svedberg, vinculado con el Instituto de Investigaciones Físicas, y que en 1970 se creó en el *Rockefeller* un Laboratorio de Polímeros Cristalinos. De nueva continuidad, pues además Cabrera había sido «uno de los fundadores de la escuela del diamagnetismo en sistemas moleculares». Los resultados del trabajo permitieron establecer «por primera vez una distinción de las distintas contribuciones a la susceptibilidad diamagnética de las dos fases (cristalina y amorfa) de la estructura laminar de un polímero» y «caracterizar con precisión la transición sólido-líquido». Su reconocimiento actual, como el de otros departamentos, se refleja en sus publicaciones y proyectos internacionales y en su colaboración con diversos centros de investigación de Europa y Estados Unidos. Montero, por otro lado, analiza cómo la física molecular pasó a formar parte en 1975 de un nuevo instituto del CSIC, el de Estructura de la Materia, abandonando el de Química Física, y desarrolló líneas de investigación novedosas, por ejemplo, «la incorporación de intensidades y perturbaciones rovibracionales como fuente adicional de información» y «una potente formulación de las polarizabilidades de enlace». En su crecimiento esas investigaciones se diversificaron y en 1985 se instaló un laboratorio de espectroscopia láser que hoy es un referente internacional «en técnicas no-lineales de espectroscopía molecular de alta resolución», lo mismo que la antigua espectroscopía Raman, que en 1992 también abandonó el *Rockefeller*, se convirtió en Laboratorio de Fluidodinámica Molecular en el edificio de la calle Serrano número 123 (y desde 1998 en el 121), sobre todo por sus «estudios de criocondensación de hidrógeno y de colisiones moleculares con técnicas originales».

En su análisis del Laboratorio de Química Cuántica Senent glosa los trabajos en ese campo de Salvador Senent y José I. Fernández Alonso, pioneros en España, tras formarse en el extranjero, como en muchos otros casos, y la fundación por ellos de los primeros grupos de investigación en las secciones que el Instituto de Química Física del CSIC tuvo en Valladolid y Valencia. También se refiere a la labor de Yves G. Smeyers, el creador del mencionado laboratorio que estuvo en el *Rockefeller* entre 1968 y 1975, a su fructífera labor en ese tiempo, sobre todo en los estudios vibracionales y de simetría de moléculas no-rígidas a partir de métodos *ab initio* y del método de Hartree-Fock semi-proyectado, destaca su participación en los congresos de Químicos Teóricos de Expresión Latina (QUITEL), la publicación de la revista *Folia Chimica Teorética Latina*

desde 1973, y el trabajo que prosigue en la actualidad acerca de la dinámica intramolecular de moléculas no-rígidas.

Tiemblo, por su parte, dedica un estudio de la física teórica a insistir de nuevo en las continuidades. Resalta la conexión de las investigaciones en España con la física de altas energías, hoy predominante, y que el instrumento conceptual que ha posibilitado ampliar y unificar nuestra visión de las estructuras primordiales del universo ha sido el establecimiento de los principios de simetría, lo que permite «afirmar que la física teórica se ha transformado en una reflexión sobre [...] ese] concepto [...] y sus mecanismos de ruptura», en cuyo desarrollo en el país jugaron un papel decisivo Ángel Esteve, que predicó entre nosotros la teoría de grupos, y Federico García Moliner. España, sostiene el autor, cuenta en la actualidad gracias a ello con una escuela excelente en física fundamental en la que, además, se apuntan nuevas tendencias emergentes. Y para concluir Rubinos afirma que la fundación en el *Rockefeller* del Laboratorio de Geocronología fue fruto de nuevo de una estancia en el extranjero, la de Fernán Alonso en 1963, donde estudio el método del carbono 14, para aplicarlo a su vuelta en 1966. Desde entonces ese laboratorio ha participado en algunas de las principales excavaciones nacionales y en América Latina: Tito Bustillo, Son Matge, río Pinturas, en Argentina, y varias otras en Brasil, Colombia, Guatemala, México, Jamaica, Guinea Ecuatorial, Portugal, Rusia, China o Vietman. Últimamente se trabaja en el «proyecto de datación de maderas constructivas de edificios altomedievales» y, en colaboración con el Centro Nacional de Aceleradores de Sevilla, se van a implementar técnicas de espectrometría de masas de última generación, lo que permitirá reducir sensiblemente la cantidad de muestra necesaria para una datación.



Laboratorio de Geocronología
del Instituto de Química Física del
CSIC (IQFR)

Las líneas de investigación de los científicos que trabajan en la actualidad en el edificio *Rockefeller*, en síntesis, se pueden agrupar en tres grandes grupos, todos ellos con una larga trayectoria y amplio reconocimiento: 1) procesos físicos y químicos en moléculas y medios condensados; 2) química física de sistemas de interés biológico, y 3) química física aplicada a problemas prácticos de la sociedad.

Dentro del primer grupo se realizan estudios de energía y reactividad química (relación estructura/reactividad química de especies neutras, iónicas y radicales), mecánica estadística y teoría de fases condensadas (desarrollo de métodos teóricos que permitan una mejor comprensión de la materia a nivel atómico), aleaciones y óxidos a altas presiones (investigación básica orientada al avance de la química inorgánica, la síntesis de nuevas especies inorgánicas y nuevos conceptos estructurales en óxidos inorgánicos), superficies e interfases sólido/gas y sólido/electrolito (análisis de procesos físico químicos en esas interfases e investigación básica y aplicada destinada al establecimiento de la relación entre estructura y actividad de superficies), y procesos inducidos por láser en moléculas y materiales (estudio de los mecanismos de interacción láser/materia; desarrollo de nuevos materiales láser y aplicaciones en las áreas de física molecular, óptica y procesado de materiales).

Dentro de la línea anterior, los científicos del Instituto de Estructura de la Materia en el *Rockefeller* investigan especialmente las propiedades físicas y la nanoestructura de polímeros (estudio de los procesos de microdeformación, relación con la nanoestructura y optimización de propiedades mecánicas. Aplicación de la luz sincrotrón al estudio de polímeros y materiales nanoestructurados), y dinámica y estructura de materia condensada blanda y polimérica (aplicación de haces de neutrones y luz sincrotrón en estudios estructurales y dinámicos y en física de polímeros: movilidad y orden en sistemas macromoleculares).

Los estudios relativos al segundo grupo de investigaciones son, básicamente: bio-cristalografía (determinación de la estructura tridimensional de alta resolución de proteínas y complejos multiproteicos mediante cristalografía de rayos X), estructura y dinámica de biomoléculas mediante espectroscopía de RMN (elucidación de las bases físico químicas que determinan la estructura, estabilidad y el plegamiento de péptidos, proteínas y ácidos nucleicos, mediante espectroscopía RMN), aplicaciones de la espectroscopía de fluorescencia en biofísica molecular (desarrollo de nuevos métodos espectroscópicos para el estudio de sistemas en niveles crecientes de complejidad e interacciones de biomoléculas en medios parecidos al fisiológico), y reconocimiento molecular y termodinámica de biomoléculas (análisis de los mecanismos moleculares responsables de la función y estabilidad de macromoléculas y sus complejos: péptidos, proteínas, sistemas de membrana y sus glicoconjugados).

Finalmente, en cuanto al tercer grupo de investigaciones, ya se ha señalado la labor de datación de la edad de restos arqueológicos por el método del carbono 14 en el Laboratorio de Geocronología. Además se desarrollan aplicaciones muy prometedoras de técnicas láser para la biomedicina y para la limpieza y

conservación del patrimonio histórico de las que ya se ha hablado (Instituto de Química Física Rocasolano, 2007).

Entre la Física, la Química y la Biología o qué sed de saber cuánto

En su tercer y último capítulo, que titulamos «75 años de investigación en el edificio *Rockefeller*. Ciclo de conferencias ‘Entre la Física, la Química y la Biología’», como su encabezamiento indica, hemos querido incluir parte de los textos presentados en la serie de disertaciones que organizamos para celebrar el aniversario de dicho edificio y la jornada conmemorativa con que concluyeron. Parte, decimos, pues en varios casos nos ha parecido más pertinente pasar sus textos a los capítulos anteriores de la obra por afinidad de contenidos. Unas palabras iniciales de Lomba, director del Instituto de Química Física del CSIC, inauguran esa sección y explican detalladamente sus pormenores, por lo que no es preciso adelantarlos aquí. Tan sólo señalar que comprende estudios de Tomas Baer sobre «New Experimental Approaches to Photoionization: the Road to ± 0.1 kJ/mol Thermochemistry of Ions, Radicals and Stable Molecules», Luisa Filipponi, Duncan Sutherland y Flemming Besenbacher acerca de «Nanoscience and Nanotechnology in Society», Philip R. Evans, respecto a «How Soluble Proteins Can Bend Membranes: Vesicle Formation in Endocytosis», Masatsune Kainosho, quien analiza el «Optimal Isotope Labeling for NMR Protein Structure Determinations-the SAIL Method», y Costas Fotakis en relación con las «Optical Technologies in the Service of the Future of our Past».

El prestigio internacional de los científicos extranjeros participantes en el mencionado ciclo de conferencias, la relevancia de investigaciones de cuyo avance vinieron a hablar al *Rockefeller* por sintonía con los trabajos que se realizan en este centro del CSIC, es de nuevo manifiesto del interés e importancia de la labor que se realiza en el mismo y de su proyección y futuro. De su vocación por hacer ciencia de calidad y en equipo y en colaboración con otras instituciones, como las «Supercuerdas» de Gregorio Morales, que «[...] tocan su violín / que desgrana notas / a las que llaman partículas / y con ellas componen / las turbadoras sinfonías», «[...] razonamiento puro [...] para] formamos / una imagen sublime de este mundo», dicho de otro modo, en palabras de Andrés Newman, y que para no incurrir en aquello que decía Fernando Pessoa, acerca de que «el binomio de Newton es tan bello como la Venus de Milo. Lo que hay es poca gente que se dé cuenta de ello», une a tal vocación también la de acercar ciencia y sociedad. La ya citada exposición 75 años de investigación en el *Rockefeller*. Instituto de Química Física Rocasolano, su catálogo, este libro, la colaboración del Área de Cultura Científica del CSIC en su edición, junto a actividades con más continuidad, como la participación en las Semanas de la Ciencia o la Feria Madrid por la Ciencia, responden a ese interés por la cultura científica y la ciencia en sociedad. Interés que es el del propio CSIC, que ha usado la imagen de su instituto, por ejemplo, en el calendario que elaboró en conmemoración del centenario de la Junta para Ampliación de Estudios y el Año de la Ciencia en España (2007).



(Izquierda) cartel del pabellón del CSIC en la Feria Madrid por la Ciencia 2007, que dedicó su parte central a la conmemoración del centenario de la JAE, con la participación de los institutos de Historia y de Física-Química. En la parte superior Cabrera y en la inferior Catalán (diseño Base 12, fotografía Rafael Martínez Cáceres ACC, CSIC). (Derecha) dibujo de la fachada del edificio Rockefeller diseñado para la elaboración del calendario del CSIC 2007 (CSIC)

Por su condición conmemorativa y ese afán divulgador, se ilustra este libro con más de doscientas imágenes y fotografías. Una parte han sido referenciadas en sus artículos por los autores y aparecen numeradas y con el título de figuras antecedendo a su descripción, procedencia y demás datos relevantes. Junto a ellas, en algunas casos cedidas por los propios autores y muchos investigadores del *Rockefeller*, y/o localizadas *ex profeso* para el libro, se ofrecen al lector distribuidas por el mismo la colección de planos del edificio, las fotografías que se tomaron para la elaboración del folleto conmemorativo de su inauguración, junto con imágenes de otros centros del CSIC y de sus archivos y concernientes a las investigaciones de los institutos de Química Física y de Estructura de la Materia y a los equipos que se utilizan en su realización. Todas ellas se acompañan de breves pies con la información precisa, y en un apartado al final de la obra se detallan los créditos fotográficos.

Como los créditos fotográficos, los agradecimientos que se deben por este libro, que son muchos, se incluyen en página aparte con el fin de no extender más esta introducción en la que ya sólo resta decir que las otras secciones que integran la obra son un «Apéndice» con un diagrama descriptivo de las diferentes secciones, departamentos e institutos que ha albergado el *Rockefeller* y que ayudará al lector a seguir la historia del edificio, una galería de los directores del Instituto de Física Química del CSIC desde su creación hasta la actualidad, y unos cuadros con la relación del personal de los centros del edificio *Rockefeller* (1932-2008), compilados por Luis de la Vega. Tras el apéndice y antes de los índices de ilustraciones y onomástico y toponímico, se incluye una relación de la «Bibliografía» citada. *Materia última*, aunque no única, para acabar *literariamente*, como iniciamos, de esta «obra. / Materia sola, inmensa», que decía Vicente Aleixandre; de ciencia que, uniendo frases de David Jou y Pablo Neruda, «se vuelve / deseo, angustia, voluntad» en las páginas que siguen y que sólo quieren ser aquello a lo que responden: «qué sed / de saber cuánto».

El Rockefeller. 75 años

Laboratorio de Investigaciones
Físicas (MNCN).



Del Laboratorio de Investigaciones Físicas al Instituto Nacional de Física y Química

José Manuel Sánchez Ron
Universidad Autónoma de Madrid

El Laboratorio de Investigaciones Físicas

Aunque fue creada en 1907, la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE) no comenzó a establecer centros de investigación propios hasta que en 1910 introdujo nuevos elementos en su organización: el Instituto Nacional de Ciencias Físico-Naturales y el Centro de Estudios Históricos.

La Junta incorporó al primero algunos centros que ya existían antes de 1907, pero que aceptaron pasar a formar parte de la nueva institución: el Museo Nacional de Ciencias Naturales, el Museo de Antropología, el Jardín Botánico, la Estación de Biología Marina de Santander y el Laboratorio de Investigaciones Biológicas de Santiago Ramón y Cajal. Al mismo tiempo se crearon otros centros; uno de ellos, el que nos interesa aquí, fue el Laboratorio de Investigaciones Físicas.

Existen evidencias (algunos documentos) de que el laboratorio ya estaba funcionando a comienzos de 1909; esto es, antes de que se crease oficialmente el Instituto Nacional de Ciencias. Estuvo dirigido desde su creación por el físico canario, catedrático de Electricidad y Magnetismo de la Universidad de Madrid y miembro de la Real Academia de Ciencias desde el 7 de abril de 1909, Blas Cabrera y Felipe (1878-1945), y se hallaba en el denominado Palacio de la Industria y Bellas Artes, un extenso edificio que también acomodó entonces al Museo de Ciencias Naturales, al Laboratorio de Automática de Leonardo Torres Quevedo, a la Escuela de Ingenieros Industriales y a la Real Sociedad de Historia Natural (también, por cierto, a un cuartel de la Guardia Civil).

Inicialmente las secciones del laboratorio eran cuatro: Metrología, Electricidad, Espectrometría y Química-Física. Los documentos que han sobrevivido no nos permiten saber con exactitud todos aquellos que trabajaron allí entre 1909 y 1911, pero es seguro que Cabrera encontró pronto, en lo que a organización se refiere, un firme aliado en el químico Enrique Moles (1883-1953), uno, por cierto, de los primeros pensionados de la Junta. Obtuvo una de las ayudas convocadas en 1908: primero estuvo —del 18 de diciembre de 1908 al 10 de abril de 1909— en Múnich, trabajando en un laboratorio particular, en el que se ocupó de análisis orgánicos; desde allí se trasladó a Leipzig, donde permaneció —prorrogada un año su pensión— hasta agosto de 1910, familiarizándose con la química-física, la rama de la Química en la que más destacó y que entonces se encontraba en plena consolidación gracias a los trabajos pioneros de Jacobus Henricus van't Hoff, Svante Arrhenius y Wilhelm Ostwald, el director del Instituto de Química-Física en el que trabajó en Leipzig.

Físicos y químicos del Laboratorio de Investigaciones Físicas pensionados por la JAE

Otros pensionados tempranos que a su vuelta a España —si es que ya no lo eran antes— se convirtieron en miembros del Laboratorio de Investigaciones Físicas fueron: Manuel Martínez-Risco (1888-1954), que se trasladó a Ámsterdam, donde trabajó entre noviembre de 1909 y junio de 1911 bajo la dirección de Pieter Zeeman (de regreso a Madrid presentó la tesis doctoral que había preparado en Holanda: *Asimetría de los tripletes de Zeeman*, 1911); Ángel del Campo (1881-1944), uno de los miembros más veteranos del laboratorio, que en 1909 fue a París para trabajar con Georges Urbain; Julio Guzmán, que viajó a Leipzig para investigar (1912-1913) con Carl Drucker; Santiago Piña de Rubiés, que pasó seis meses en Ginebra y Rusia; Jerónimo Vecino (188?-1929), que permaneció tres meses estudiando metrología en el Bureau International des Poids et Mesures de París; Julio Palacios (1891-1970), que estuvo en Leiden (1916-1918) trabajando en bajas temperaturas con Heike Kammerlingh Onnes (a pesar de ello, a su regreso, y vistas las dificultades técnicas para investigar en Madrid en ese campo, se dedicó a la difracción de rayos X); Juan Cabrera (1898-1978), el hermano pequeño de Blas, que estuvo en París (1921), con Maurice de Broglie en su Laboratoire de Recherches Physiques; Arturo Duperier (1896-1959), que

trabajó en Estrasburgo (1929) con Pierre Weiss y en París (1932) con Charles Maurin, y Miguel Catalán, del que me ocuparé más adelante.

Cabrera y Moles

En 1912 la estructura del Laboratorio de Investigaciones Físicas se había establecido con mayor claridad, figurando como investigadores más experimentados, además de Cabrera y Moles, los físicos Vecino y Martínez-Risco, y los químicos Del Campo, Guzmán, Piña de Rubiés y León Gómez, la mayoría profesores ayudantes de universidad. Si juzgamos por los nombres que aparecen como firmantes de los veintinueve artículos publicados y seis a punto de ser completados durante los años 1912-1913 («Relación de los trabajos...», 1932: 13-17), dieciocho científicos trabajaron en el laboratorio durante aquel período.

En 1912 Moles volvió a solicitar la ayuda de la JAE para ampliar estudios en el extranjero durante cuatro meses. Consiguió la pensión y se trasladó a la famosa Escuela Politécnica de Zúrich (en la que, por cierto, entonces ocupaba una cátedra Albert Einstein). Lo acompañó Blas Cabrera.

Y es que aunque era el director del Laboratorio de Investigaciones Físicas, Cabrera tuvo la independencia de juicio suficiente como para darse cuenta de que necesitaba salir al extranjero para ampliar sus horizontes y conocimientos. Solicitó a la Junta una pensión en 1912, para cinco meses «con el fin de visitar laboratorios de Física y efectuar trabajos sobre magnetismo en Francia, Suiza y Alemania». La beca le fue, naturalmente, concedida.

La mayor parte de sus meses de pensión los pasó Cabrera en Zúrich, en el laboratorio de Pierre Weiss (1865-1940), en compañía de Moles, que ya se encontraba allí cuando llegó. Lo notable del caso es que la pensión de Cabrera estuvo a punto de malograrse desde el principio como consecuencia de que se había presentado en el laboratorio de Weiss sin haber realizado ninguna gestión previa. He aquí como describía el propio Cabrera su experiencia en una carta que escribió al secretario de la Junta, José Castillejo (1877-1945), desde Zúrich el 8 de mayo de 1912, sólo tres días después de haber llegado a la ciudad suiza:

«A mi llegada me dijo Moles que estaba desagradablemente impresionado respecto de la posibilidad de trabajar aquí, pues en las oficinas del Politécnico [de Zúrich] le dijeron que era imprescindible haber solicitado la matrícula con anterioridad al 31 de marzo.

No obstante esto, y pensando en que al hablar personalmente con el profesor Weiss se resolverían estas dificultades, fui a visitarle [...]. Me dijo que le era imposible darme sitio para trabajar porque tiene el laboratorio completamente lleno. Sin embargo quedamos citados para presentarme a los asistentes mayores y ponerme al corriente de los métodos y trabajos en curso, con el fin de que yo luego durante 15 o 20 días visite detenidamente el laboratorio. Del mal el menos»¹.

¹ Archivo de la Residencia de Estudiantes (ARE). Fondo JAE. «Carta de Blas Cabrera a José Castillejo», 8-V-1912.

Vemos, por consiguiente, que todo un académico, catedrático de la principal universidad de la nación y director de un laboratorio, se encontraba fuera de España en una situación francamente precaria. Este fue, precisamente, el gran reto que Cabrera y sus asociados tuvieron que afrontar: el de establecer una estructura, una tradición, unas relaciones internacionales. Hoy podemos decir que tuvieron éxito. Y, de hecho, en el caso de Cabrera ese éxito comenzó a esbozarse pronto: menos de un mes de la anterior misiva, escribía en otra carta (también a Castillejo):

«[Nuestros trabajos] marchan bien, y a juzgar por las apariencias con entera satisfacción del profesor Weiss, que ha puesto a mi disposición un material y un local que ofrece muchas mejores condiciones que los primitivos. Dicho profesor me visita dos o tres veces al día y en casi todas las visitas nos propone nuevos problemas a resolver, y que seguramente no podrán todos ser abordados durante nuestra estancia aquí»².

Resultado de la colaboración de Cabrera y Moles fue una publicación conjunta en los *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* en 1912 sobre «La teoría de los magnetones y la magnetoquímica de los compuestos férricos», un dominio al que volverían en otras ocasiones (diez artículos más, algunos firmados junto a Mariano Marquina).



Cabrera (a la derecha) con Palacios en Madrid, 1929 (*Centenario de Julio Palacios*, 1991, colección de la familia Palacios)

² ARE. Fondo JAE. «Carta de Blas Cabrera a José Castillejo», 3-VI-1912.

La estancia de Cabrera en Zúrich fue decisiva para su carrera: Zúrich primero y, a partir de 1919, Estrasburgo (ese año Weiss fue nombrado director del Instituto de Física de la Universidad de Estrasburgo), fueron ciudades con las que Cabrera mantuvo una relación especial. De hecho, el magnetismo a la manera de Weiss, lo que implicaba optar por la defensa del «magnetón de Weiss» como la unidad natural del magnetismo molecular, constituiría una parte importante de sus trabajos a partir de entonces. Desgraciadamente, sin embargo, esa unidad no prosperaría, siendo substituida finalmente por el denominado «magnetón de Bohr» que era unas cinco veces mayor que el de Weiss, al que, no obstante, Cabrera siguió apegado hasta prácticamente el final de su carrera.

En cualquier caso, esta cuestión, sin duda con repercusiones para la teoría cuántica, no afectó demasiado a los trabajos (experimentales) de Cabrera en el campo del magnetismo, el auténtico núcleo central de su obra, sino a los comentarios de índole teórica que hacía. Y esas contribuciones al magnetismo fueron importantes. Así, cuando John van Vleck repasó la literatura de las medidas de susceptibilidades atómicas de tierras raras para incluirla en un libro que estaba escribiendo (el clásico *The Theory of Electric and Magnetic Susceptibilities*, 1931) se encontró con que muchas de tales medidas habían sido hechas por Cabrera, cuyo nombre apareció finalmente en el texto más veces que el de ningún otro investigador. Dos contribuciones particularmente destacadas del físico español fueron la modificación de la ley de Curie-Weiss para las tierras raras y la obtención de una ecuación para el momento atómico magnético que incluía el efecto de la temperatura. Con sus trabajos experimentales y la conexión con Weiss, que más tarde se amplió a otros físicos destacados, Cabrera logró el reconocimiento internacional, como atestiguan sus muchas publicaciones en revistas internacionales (al menos treinta y cinco), sus participaciones en congresos y el que fuera elegido en 1928 miembro de la Commission Scientifique Internationale del Institute Internationale de Physique Solvay (de la que formaban parte Paul Langevin, Niels Bohr, Marie Curie, Théophile de Donder, Albert Einstein, Philippe Guye, Martin Knudsen y Owen Richardson), o, en 1933, secretario del Comité Internacional de Pesos y Medidas, ubicado en París.

Pasando ahora a Moles, tenemos que, al igual que Cabrera, regresó a España en 1912, pero en 1915 fue pensionado de nuevo para estudiar en las universidades de Ginebra y Berna en lo que a partir de entonces sería su tema principal de investigación: la determinación de pesos atómicos por métodos físico-químicos. En Ginebra en 1916 añadió un nuevo doctorado al que ya había obtenido de Farmacia en 1906 en Madrid, esta vez en Física, con la tesis *Contribution à la révision du poids atomique du brome. Détermination de la densité normale du gaz bromhydrique* (1917), dirigida por Philippe Auguste Guye (1862-1922), editor del *Journal de Chimie Physique*, quien le ofreció ayudarle para que obtuviese un puesto, bien en Ginebra, bien en la Universidad de Baltimore, en Estados Unidos. Moles, sin embargo, eligió regresar a España. Lo hizo en el verano de 1917, instalándose de nuevo en el Laboratorio de Investigaciones Físicas, continuando allí sus trabajos en la determinación de pesos atómicos, un campo que reunía diversos atractivos (tenía, por ejemplo, una dimensión práctica, ya que la variación de alguna cifra decimal en su cálculo podía significar pérdidas

o ganancias económicas). Su relevancia era tal que en 1903 se creó una Comisión Internacional de Pesos Atómicos, y en 1921 una comisión española, de la que formaban parte, además de Moles, Cabrera, Del Campo y José Rodríguez Mourelo.



Página del libro de firmas del Instituto Nacional de Física y Química en la que aparecen, entre otras las rúbricas de Marie Curie y Paul Langevin (IQFR)

Hasta 1927 no obtuvo Moles una cátedra universitaria: la de Química Inorgánica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid.

Sobre la estructura del Laboratorio de Investigaciones Físicas

En 1914 la estructura inicial del laboratorio sufrió algún cambio, debido a que tanto Vecino como Martínez-Risco obtuvieron sendas cátedras fuera de Madrid, en Santiago de Compostela y Zaragoza respectivamente. Al pasar Vecino a Santiago (y el año siguiente a Zaragoza, donde se instaló definitivamente) no quedó nadie en el laboratorio con conocimientos suficientes de metrología como para continuar con la sección, y se aprovechó la ocasión para emplear en otro campo los recursos que ésta había tenido asignados. Por lo que se refiere a Martínez-Risco, está claro que una parte de la sección de Espectrometría y Espectrografía se diseñó pensando en él. En efecto, aquélla estaba dotada, entre otros aparatos, con interferómetros de Michelson y Fabry y Perot para el estudio del efecto Zeeman, con el que se había familiarizado en Holanda.

Los casos de Vecino y Martínez-Risco son interesantes por un motivo especial. Al abandonar Madrid y apartarse, por consiguiente, de las facilidades y ambiente que les ofrecía el laboratorio de la JAE, la producción científica de ambos decayó radicalmente. Hasta su prematura muerte en 1929, Vecino no realizó ningún trabajo de interés. Los años que pasó en Zaragoza (1914-1919) fueron para Martínez-Risco estériles desde el punto de vista de la ciencia. Y cuando en 1919 regresó a Madrid, como catedrático de Acústica y Óptica de la Universidad Central, aunque realizó algunas investigaciones, otros intereses terminaron ocupando mucho de su tiempo. Fue, por ejemplo, presidente del Patronato de Óptica del Ministerio de Marina y de la sección de Ciencias del Ateneo, donde posiblemente conoció a Manuel Azaña, con quien colaboró durante la República (en 1931 fue elegido diputado para el Congreso por Acción Republicana representando a Orense, circunscripción por la que volvió a obtener la carta de parlamentario en las elecciones de 1936, esta vez en las filas de Izquierda Republicana). Otro tanto pasó más tarde con Juan Cabrera, que en 1920 obtuvo, cuando aún no había cumplido 22 años, sucediendo a Martínez-Risco, la cátedra de Acústica y Óptica de la Universidad de Zaragoza. Desde el punto de vista de la investigación, aquel suceso representó el final de su carrera como investigador con pretensiones, una carrera que transcurrió siempre en la ciudad aragonesa, de cuya universidad llegó a ser rector durante el régimen del general Franco.

Entre 1916 y 1917 existió un grupo dedicado a Termología, que dirigió Palacios, quien a partir de 1922 pasó a encargarse de una nueva sección, la de Difracción de rayos X. Entre 1918 y 1919, funcionó también un grupo de Óptica, a cuya cabeza estuvo Martínez-Risco. Además formaban parte del centro de la Junta —aunque hasta el curso 1931-1932, cuando pasaron al Instituto Nacional de Física y Química, estuvieron ubicados en la Facultad de Farmacia de la Universidad Central— los laboratorios de Química Orgánica y Química Biológica (desde 1910, dirigidos por José Casares Gil y Antonio Madinaveitia y por José Rodríguez Carracido respectivamente), que se utilizaban especialmente para labores didácticas. Otro laboratorio de Química asociado al Laboratorio de Investigaciones Físicas pero situado fuera de las dependencias del Palacio de la Industria, fue el de Química General (desde 1912-1913, fundado por José Renedo), que se hallaba en locales de la Residencia de Estudiantes.

En 1920, el laboratorio dirigido por Cabrera había alcanzado la suficiente notoriedad como para que el periodista y antiguo estudiante de Ciencias, Manuel Moreno Caracciolo, lo visitase dejando sus impresiones en un artículo publicado en *El Sol* el 20 de septiembre de 1920. En su exposición, el autor comenzaba haciendo notar que las puertas del laboratorio estaban abiertas

«[De] ocho de la mañana a ocho de la noche [...]. No se conocen más días festivos que los domingos, ni tiene el personal retribuido más de un mes de licencia en todo el año. Quien deja de trabajar, por cualquier circunstancia, cesa en el acto en el percibo de sus haberes. Y estos no se cobran sino al cabo de algunos años de labor meritoria y gratuita y su cuantía oscila entre las 100 pesetas mensuales para los alumnos y 200 o 300 para los ayudantes y profesores».

Al pasar revista a los grupos del laboratorio, el periodista de *El Sol* comenzaba por el de Cabrera, señalando que éste, auxiliado por Moles, Guzmán, Marquina

y Emilio Jimeno, habían rectificado algunas medidas efectuadas por Weiss en Zúrich, rectificaciones que favorecían al magnetón de Weiss. Es interesante ver cómo describía Moreno Caracciolo estos trabajos:

«Creía Weiss que los momentos magnéticos debían venir representados por múltiplos enteros del magnetón; así lo decían las numerosas mediciones comparadas, y esta concordancia era una garantía de la exactitud de las medidas. Pero aquella teoría, que presentaba tan grandes caracteres de veracidad, caía por tierra ante experimentos más precisos [...]. Volvió Cabrera [...], auxiliado por Moles, Jimeno, Guzmán y Marquina, y fue rectificando una por una las medidas en que había fundamentado su hipótesis el profesor de Zurich [Weiss]. Y en todas ellas encontró un error que compensaba el cometido al computar equivocadamente la constante magnética del agua. La teoría adivinada por la maravillosa intuición de Weiss era cierta; los números eran erróneos; pero del laboratorio de Madrid, y gracias a los aparatos construidos al efecto por Torres Quevedo, salieron los verdaderos valores de aquellas cantidades. Y al lado de los apellidos extranjeros de Zrümpfer y Wiedemann y Frankamp, aparecieron en las revistas científicas de Europa los de Cabrera, Guzmán y Marquina».



Moles. A la derecha, sentado en el centro, con sus compañeros de laboratorio, y a la izquierda con Guzmán (IQFR)

Por otra parte estaba el grupo en el que Moles, «auxiliado por el señor Marquina y algunos alumnos aventajados», se ocupaba de la determinación de pesos atómicos. En otro laboratorio

«Continúa el señor Guzmán sus trabajos para sustituir al platino en los electroanálisis, habiendo obtenido ya notables resultados, que han encontrado aplicación en el taller de precisión de Artillería y en otros centros oficiales».

Por último, Del Campo dirigía los trabajos de espectrografía, «auxiliado por los señores Catalán y Piña [de Rubies], ex ayudante este último del profesor Dupart, de Ginebra, inspector de las minas de platino de los montes Urales».

Como vemos, el esquema era muy simple: grupos centrados en un líder y énfasis en la Física (magnetismo sobre todo) y químico-física, los campos de Cabrera, Moles y del Campo. Semejante limitado, y de alguna medida interrelacionado, ámbito de intereses tenía ventajas; en particular, un alto nivel de colaboración entre los grupos, especial aunque no exclusivamente en los primeros tiempos (durante esos años, Cabrera, por ejemplo, firmó artículos con Moles, Guzmán y Piña de Rubies).

En el Archivo de la JAE existe un documento de tres páginas escrito por Cabrera, sin fecha, pero preparado sin duda hacia 1924, a través del cual se pueden percibir las necesidades (y temas de trabajo también) de los distintos grupos de investigación del Laboratorio de Investigaciones Físicas:

«El Laboratorio de Investigaciones Físicas viene dedicado en estos últimos años a tres ordenes principales de trabajos.

1° *Magnetoquímica*. Estrictamente para las medidas de las constantes magnéticas de los cuerpos el Laboratorio posee cuanto le es indispensable, pero los resultados obtenidos hasta hoy, algunos (los más importantes pendientes aún de publicación) indican la conveniencia de realizar paralelamente el estudio magnético de los complejos del grupo del hierro y su análisis estructural con ayuda de los rayos X. El laboratorio no cuenta con una instalación adecuada ni su adquisición cabe dentro del exiguo presupuesto de que dispone, pues se calcula que no bajaría de 20.000 a 25.000 pesetas.

Además, para seguir el estudio de la variación de la constante magnética de las tierras raras, actualmente en curso, se requeriría disponer de una instalación para licuar gases y obtener, al menos, hasta la temperatura del aire líquido. Esta instalación es aún más indispensable para el siguiente grupo de trabajos.

2° *Pesos atómicos por métodos físico-químicos*. En este grupo de trabajos las bajas temperaturas son absolutamente necesarias, y como en Madrid no existe facilidad para obtener en el comercio en todo momento ni siquiera el aire líquido, la continuidad indispensable en toda labor de investigación no se puede obtener. No existe otro medio para este estado de cosas que la adquisición de una máquina, cuyo coste, comparable a la cantidad anterior está fuera de nuestro alcance.

3° *Espectroscopia*. Los estudios realizados por Catalán han agotado ya la capacidad de nuestro exiguo material espectrográfico. Para que él y sus colaboradores puedan continuar la obra bien conocida en el mundo científico sería necesaria la adquisición de dos o tres espectrógrafos de gran poder de resolución y capaces de cubrir la mayor región posible del espectro. A este fin, serviría también la instalación de rayos X señalada más arriba. Naturalmente, la amplitud que pueda darse a este proyecto depende de la cantidad que se obtenga. El iniciar su realización con sólida base suponemos que exigiría unas 50.000 pesetas»³.

Miguel Catalán, descubridor de los multipletes

En la última cita aparecen reseñadas, dentro de una de las secciones principales del Laboratorio de Investigaciones Físicas, las investigaciones de Miguel Antonio Catalán Sañudo (1894-1957), del que aún no he dicho prácticamente nada, y eso que a él se debe la aportación a la Física más destacada no sólo de la historia del laboratorio de la Junta, sino de toda la historia de la física española.

Catalán había estudiado Químicas en Zaragoza, su ciudad natal, graduándose en 1909. Tras pasar unos pocos años trabajando para la industria aragonesa y ocupar puestos menores en su *alma mater*, se trasladó a Madrid con la inten-

³ ARE. Fondo JAE. Blas Cabrera: «El Laboratorio de Investigaciones Físicas viene dedicado en estos últimos años...» [s. f.].

ción de doctorarse. En enero de 1915 comenzó su asociación con la sección de Espectroscopia del Laboratorio de Investigaciones Físicas, dirigida por Del Campo, que sería su director de tesis. Al mismo tiempo que profundizaba en aquel tema, se encaminó hacia la enseñanza secundaria, obteniendo una cátedra de Física y Química en el Instituto General y Técnico de Palencia, que pronto cambió por la del Instituto de Ávila. De hecho, no tuvo que incorporarse a ninguno de los dos centros, puesto que con la ayuda de la JAE fue agregado en comisión de servicios al Instituto-Escuela, el centro de bachillerato de la Junta.



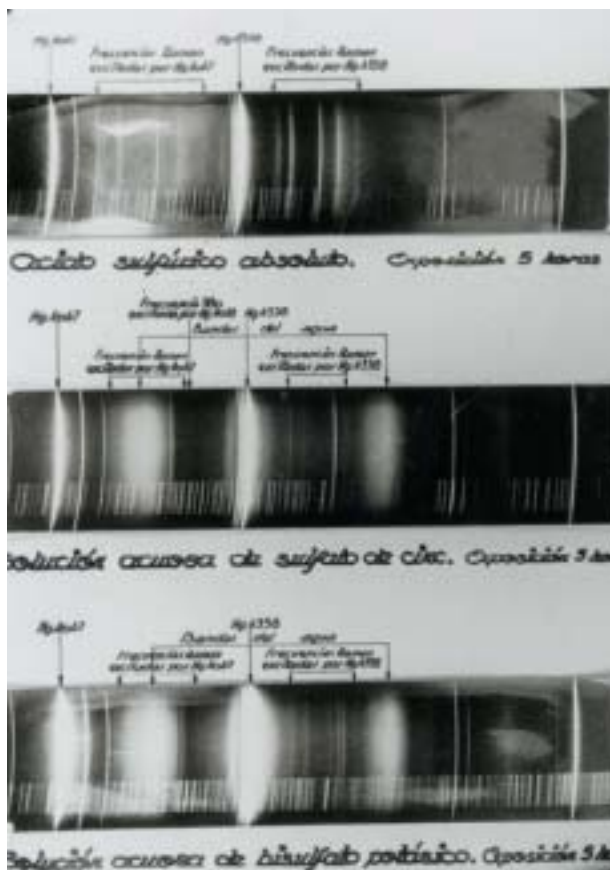
Catalán (FRMP)

Como otros estudiantes y científicos vinculados a la JAE, Catalán obtuvo una pensión de ésta. En su caso para Londres, donde llegó en septiembre de 1920. Tras algunas dudas, terminó asociándose con Alfred Fowler (1868-1940), uno de los espectroscopistas más importantes del mundo, catedrático en el Royal College of Science (del Imperial College of Science and Technology), *fellow* de la Royal Society, presidente de la Royal Astronomical Society (1919-1921) y primer secretario general, en 1920, de la International Astronomical Union, además de autor de una de las biblias de la espectroscopia, *Report on Series in Line Spectra* (1922). Junto a Fowler, Catalán mejoró sustancialmente su dominio de las técnicas espectrográficas, pudiendo además utilizar instrumentos de mejor calidad que aquellos de los que había podido disponer en Madrid.

Fue en aquel entorno en el que Catalán logró demostrar en 1921 que grupos formados por numerosas líneas distribuidas sin aparente regularidad en el espectro pueden tener un origen físico común. En concreto, encontró que los espectros del manganeso estaban integrados por grupos complejos de líneas que denominó 'multipletes' y que mediante la observación de éstos se podía llegar al descubrimiento de los niveles de energía atómicos, generalizando así las ideas que se tenían con respecto a los dobletes y tripletes de los metales alcalinos y alcalinoterreos. El artículo en el que presentó sus resultados fue recibido por la Royal Society el 22 de febrero de 1922, apareciendo en las *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* bajo el título «Series and other Regularities in the Spectrum of Manganese» (Catalán 1922).

La introducción de los multipletes ayudó en el desarrollo de la teoría cuántica: fue, por ejemplo, muy importante para justificar el número cuántico que había introducido en 1920 Arnold Sommerfeld (1868-1951), uno de los líderes mundiales de la física cuántica. Y también para la astrofísica, ya que permitió, al utilizar los multipletes en los espectros complejos, avanzar en la interpretación de la estructura electrónica de los átomos que producen tales espectros.

De hecho, a raíz de su descubrimiento Catalán comenzó a relacionarse con los mejores científicos del campo: con Sommerfeld, y el grupo de éste



Muestra de los trabajos de Catalán (FRMP)

en Múnich, la relación fue especialmente intensa, pasando Miguel el curso 1924-1925 en la capital bávara con una beca (*National Science Fellowship*) de la International Education Board de la Fundación Rockefeller, solicitada por el propio Sommerfeld. El curso siguiente, era un estudiante del científico germano, Karl Bechert (1901-1981), el que se trasladaba a Madrid, para continuar durante doce meses la colaboración con el espectroscopista aragonés.

En el Laboratorio de Investigaciones Físicas, el éxito obtenido por Catalán al descubrir los multipletes no pasó desapercibido. Era obvio que se estaba ante una buena oportunidad para competir con otros centros extranjeros y Cabrera, como director del laboratorio, así se lo transmitía a Castillejo en una carta fechada el 18 de julio de 1923:

«Mi querido amigo: Hace unos días le hablé por teléfono anunciándole mi doble propósito de pedir a esa Junta un crédito extraordinario con el fin de poner a Catalán, y los que con él trabajan, en condiciones de confirmar sus investigaciones sobre la constitución de los espectros, que tanta resonancia han tenido entre los especialistas. He recibido ya los presupuestos pedidos para el material indispensable y por ello le pongo estas líneas, pues sería conveniente (si es posible) que la resolución de esa Junta caiga antes del verano con el fin de hacer los pedidos correspondientes y al regresar a Madrid poder empezar la instalación.

Decía arriba que me mueve a solicitar este crédito la resonancia que los trabajos de Catalán han tenido entre los especialistas y parece lógico que comience especificándolo. En efecto, el problema de la constitución de los espectros es hoy el que parece conducir de modo más directo a dilucidar la estructura de los átomos, y por ello es uno de los que apasiona más a los hombres de ciencia, y entre ellos de manera más especial a N. Bohr y A. Sommerfeld»⁴.

Pasaba entonces Cabrera a describir el descubrimiento de Catalán, así como las publicaciones que había generado en otros científicos (Bohr, Sommerfeld, Alfred Landé, Meghnad Saha y Henry N. Russell).

«Puede decirse que los principales laboratorios espectrográficos de Inglaterra, Alemania y los Estados Unidos, tienen hoy como uno de sus temas interesantes este género de investigaciones. Felizmente cuantos resultados han sido hoy publicados en este orden de ideas no añaden cosa especial a los dados a conocer por Catalán en el trabajo antes citado y en otras publicaciones hechas en los *C. R.* de la Academia de París y en los *An[ales] de la Soc[iedad] Esp[añola] de Física y Química*. Pero el material asequible con nuestros medios experimentales y los datos que pudo recoger durante su permanencia en el laboratorio de Fowler en Londres se va ya agotando, y hay que pensar en perfeccionar aquellos si, como es lógico y de justicia, queremos que conserve lo más posible la posición conquistada en el mundo científico que al fin y al cabo nos honra a todos».

Está claro que el éxito científico obtenido por Catalán servía también para que Cabrera viese reforzada la posición de su laboratorio ante las autoridades de la JAE.

⁴ ARE. Fondo JAE. «Carta de Blas Cabrera de José Castillejo», 18-VII-1923.

Buscando la ayuda de la Fundación Rockefeller

La solución a las carencias del Laboratorio de Investigaciones Físicas vendría de la mano de la Fundación Rockefeller quien, tras unas largas negociaciones con el Gobierno español, terminaría por dotar a los físicos y químico-físicos del laboratorio con un nuevo, espléndidamente dotado, Instituto Nacional de Física y Química, que abrió sus puertas oficialmente el 6 de febrero de 1932.

Las relaciones de la JAE con la Fundación Rockefeller se iniciaron en el verano de 1919, cuando el secretario de la Junta, José Castillejo, visitó su sede central en Nueva York. Esta fundación, que había sido creada en 1913, por entonces prácticamente sólo se ocupaba de temas biomédicos, a través de su International Health Board (IHB), y lo que Castillejo deseaba es que ésta ayudase a mejorar la situación sanitaria en España, estableciendo, por ejemplo, en Madrid un centro científico dotado de laboratorios en los que trabajasen un cierto número de médicos americanos y españoles educados en universidades extranjeras. En este sentido, en la *Memoria* de la JAE publicada en 1925, Castillejo señalaba que:

«Si la Fundación Rockefeller desea extender a España su generosa acción, podría emprenderse un ensayo en pequeña escala en colaboración con la Junta para Ampliación de Estudios [...]. Ambas instituciones [...] podrían elaborar un plan que sería sometido al Gobierno español, al que se pediría aprobación y concurso».

En diciembre de 1921, el director general de la IHB, Wickliffe Rose (1862-1931), comunicó el interés con que había recibido la nota de Castillejo y su intención de visitar España, lo que hizo a finales de febrero de 1922. Como resultado de su visita, la IHB acordó en mayo de 1922 enviar un médico especialista para estudiar, y si parecía oportuno, realizar demostraciones de métodos de tratamiento y prevención de la anquilostomiasis, enfermedad que la IHB combatía con gran eficacia en algunos países. Asimismo, la Fundación Rockefeller concedió ayudas para que médicos y personal sanitario españoles pudieran ampliar sus conocimientos en el extranjero.

Cuando la Fundación Rockefeller creó en 1923 la International Education Board (IEB) nombró presidente a Rose, quien desde su nuevo cargo pronto —en enero de 1924— viajó de nuevo a España, visitando los principales laboratorios de Física, Química, Ciencias Naturales y Agricultura de Madrid. Acompañado por Castillejo, también se entrevistó con el jefe del Gobierno, general Miguel Primo de Rivera, informándole que la IEB estaba dispuesta a estudiar la concesión de ayudas a España para su desarrollo científico.

En vista de la buena disposición de la organización estadounidense, la Junta decidió solicitar la ayuda de la IEB para avanzar en el desarrollo de los estudios físicos y químicos en España, enviando Castillejo con tal fin una carta a la institución norteamericana el 21 de julio de 1924, firmada por Ramón Menéndez Pidal (en ausencia del presidente de la JAE, Ramón y Cajal).

Inicialmente, los proyectos que se manejaban podían ser compatibles con que los físicos y químicos de la JAE permaneciesen en el viejo Palacio de la Industria, pero Castillejo argumentó que el Gobierno no podía echar a la policía, que ocupaba espacio, y que aunque ello fuese posible se necesitaría una gran cantidad de

dinero para remodelar el edificio y adaptarlo a las necesidades del instituto. «Por estas razones» —señalaba el secretario de la Junta— «sería mejor utilizar el dinero para construir un edificio, aunque fuese pequeño, especialmente diseñado para satisfacer los requisitos», una postura ésta defendida especialmente por los químicos del Laboratorio de Investigaciones Físicas. La ayuda que se solicitaba a la IEB era, o bien proporcionar edificio y equipo, que España debería mantener, o

«Comenzar con una contribución para equipos que se pondría inmediatamente a disposición de los actuales laboratorios en sus locales temporales, posponiendo al futuro el proyecto de un nuevo instituto»⁵.

La JAE pensaba, asimismo, que la dimensión del proyecto exigiría que participase el Gobierno de la nación.

Un paso importante en el proceso que conduciría a la creación del nuevo centro de Física y Química fue la visita de una semana que, a finales de abril de 1925, efectuó a Madrid Augustus Trowbridge (1870-1934), entonces director para Europa de la sección de Ciencias Físicas y Biológicas de la IEB. De hecho Trowbridge era más que un administrador: catedrático de Física en la



Augustus Trowbridge

Retrato de Trowbridge de la biografía que sobre él escribió Compton (1937)

⁵ Rockefeller Archive Center (RAC). Pocantico Hills, Tarrytown, New York. «Carta de Ramón Menéndez Pidal a la International Education Board», 21-VI-1924. Este documento y otros que siguen se han utilizado en Sánchez Ron (1994, 1999).

Universidad de Princeton desde 1906, en 1924 obtuvo una excedencia para trabajar con la IEB. En 1928 regresó a Princeton como decano de la Graduate School, puesto que mantuvo hasta su muerte.

En el informe que Trowbridge envió a Rose se encuentran observaciones muy interesantes sobre la situación y aportaciones de científicos de la JAE y de otros centros españoles:

«Los laboratorios madrileños en los que se lleva a cabo enseñanza o investigación en Física o Química caen en los siguientes grupos:

a) Los laboratorios regulares de la universidad —que en mi opinión no son dignos de ser tomados en consideración—. La Física está un poco mejor que la Química en lo que a equipos se refiere (la Química no dispone de ninguno) y posiblemente los cursos de ciencia elemental tienen algún valor, pero tomado en conjunto, no he visto peores condiciones en ninguna parte en laboratorios universitarios.

b) Los laboratorios de Química de la Facultad de Farmacia son en conjunto buenos, y la Junta carga con una parte de los gastos de mantenimiento e instrucción a cambio de espacio para mesas de trabajo. Estos laboratorios químicos forman parte de la universidad y los estudiantes universitarios regulares pueden trabajar allí en buenas condiciones siéndoles reconocidos los estudios. Esto último no ocurre en los laboratorios de la Junta; de manera que para la Química la Junta ha sido capaz de llevar a cabo una reforma desde dentro de la universidad, mientras que no ha sido capaz de hacer lo mismo en el caso de la Física.

Los laboratorios químicos de la Facultad de Farmacia no son lo suficientemente grandes como para ocuparse de todos los solicitantes y la mayor parte de los estudiantes universitarios se ven forzados a trabajar bajo las intolerables condiciones mencionadas en a.

c) Los laboratorios del Departamento de Salud Pública. No se ofrece instrucción en las partes dedicadas a la física y la química. Estos centros son lisos y llanamente laboratorios de comprobación. El equipo es bueno y sería posible realizar investigaciones si las personas que ocupan los puestos en estos laboratorios estuviesen interesadas o animadas en investigar dentro de sus materias.

c) Los laboratorios dependientes de los cuerpos de Artillería e Ingeniería del ejército español. Aquí el equipo de física y química es bueno, se da alguna instrucción a oficiales jóvenes que se ofrecen voluntarios para educarse en estos temas. Existe un personal casi permanente asociado a estos laboratorios, aunque como estos científicos deben ser militares, no es probable que sean personas con alguna práctica en la investigación científica. Advertí algún trabajo en uno de los laboratorios que tenía carácter de investigación con el objeto de la invención de aparatos. En conjunto, muy poco se debe esperar de los laboratorios militares, que no sea el posible préstamo de aparatos o facilidades»⁶.

Con relación al Laboratorio de Investigaciones Físicas, Trowbridge señalaba que «el espacio para la física es adecuado para las necesidades actuales», mientras que no ocurría lo mismo para la química-física. La dotación instrumental se había escogido cuidadosamente para los trabajos que se estaban realizando, teniendo cuidado de comprar sólo lo que se necesitaba inmediatamente.

Pasaba a continuación el profesor de Princeton a analizar la posible intervención del Gobierno. Castillejo le había enseñado una carta de Ramón y Cajal del

⁶ RAC. «Informe de Augustus Trowbridge a Wickliffe Rose», IV-1925.

27 de diciembre, ante la cual comentaba que creía que «la Junta ha pedido demasiado al Gobierno», quien todavía no había contestado.

«De mis visitas al ministro de Educación y al dictador en funciones no obtuve más que vagas promesas de que el Gobierno estaba dispuesto a hacer todo lo que fuese necesario, etc. y la afirmación de que se daría pronto una contestación escrita a la petición de la Junta».

Obviamente se estaba ante un asunto problemático: el Gobierno español, ningún Gobierno hasta entonces, se había enfrentado con pretensiones parecidas y, naturalmente, existían dudas en ambas partes.

Evidentemente cualquier idea del coste de un nuevo instituto pasaba por estimar sus dimensiones (además de quién iba a comprar el terreno, una cuestión en absoluto clara en aquel momento, aunque parecía haber acuerdo en utilizar alguno cercano). Los químicos deseaban 850 m² por piso (se preveían dos), mientras que a los físicos parecía bastarles con 200 o 300. Castillejo opinaba, no obstante, que las peticiones de los químicos eran exageradas y que la superficie total del edificio no necesitaba superar los 3.000 m². Teniendo en cuenta los costes de construcción habituales entonces en Madrid, esto equivalía a un millón de pesetas (sin incluir luz, calefacción ni gas). Trowbridge pensaba que se trataba de una estimación baja «ya que la construcción de laboratorios en América en general cuesta más que edificaciones ordinarias». Su cálculo era que el proyecto completo (terreno, inmueble y equipos técnicos) no estaría lejos de 2,5 o 3.000.000 de pesetas, esto es, 420.000 dólares.

En este punto Trowbridge pensaba que era difícil ir mucho más lejos (salvo, si acaso, encargar un proyecto a un arquitecto) y que lo mejor sería que la IEB decidiera si deseaba seguir adelante teniendo en cuenta el nivel de gastos que se preveían (para esos trabajos iniciales la IEB proporcionó 10.000 dólares). Como resultado de su vista a Madrid, él estaba convencido de que «la Junta es la agencia con la que trabajar, si la IEB se propone intentar algo en este país en las ciencias puras». Era cierto que se podía hacer mucho con becas,

«Pero durante veinte años la Junta ha estado administrando un programa de becas no muy diferente al de la IEB y en mi opinión como resultado de él existe un núcleo suficiente de hombres educados en el extranjero en física y química para que sea seguro, *siempre que existan garantías suficientes de apoyo del Gobierno*, invertir una suma considerable en un Instituto de Física y Química modélico».

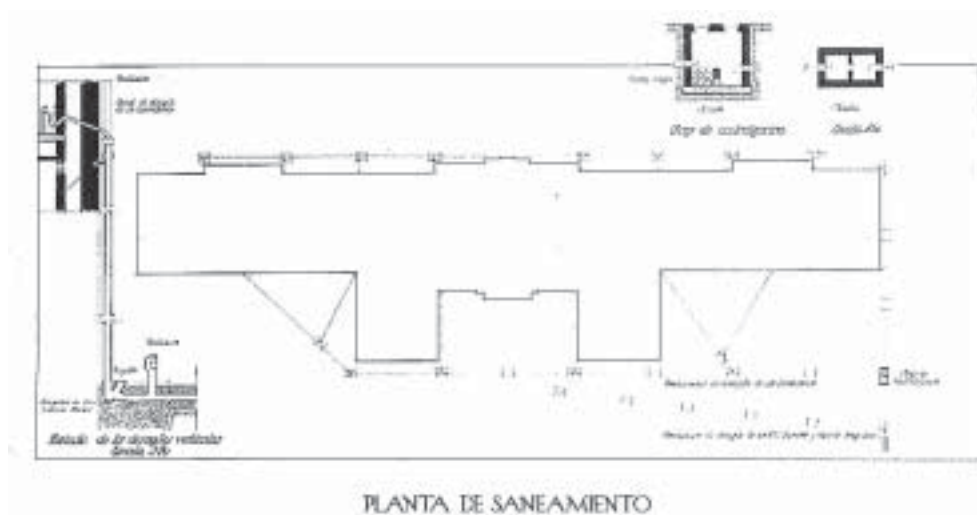
El Instituto Nacional de Física y Química

El siguiente paso en las negociaciones fue la publicación el 31 de julio de 1925 de una Real Orden con la que el Gobierno daba poder a la JAE para representarlo oficialmente en todo lo relacionado con el proyectado instituto. A finales de agosto, Castillejo se entrevistó con Trowbridge, en presencia de Cabrera y Catalán. En aquella reunión se determinaron las dimensiones que se deseaban para el edificio (un área de 850 a 1.000 m² para cada una de las tres plantas; capacidad para 150 estudiantes, siete profesores, doce ayudantes y los técnicos

necesarios). El 20 de noviembre aparecía una Real Orden en la que se determinaba que el

«Gobierno español declara que el instituto se dedicará a fines exclusivamente científicos, sin propósito directamente profesional o académico, designándose el personal por el Departamento de Instrucción Pública y Bellas Artes, a propuesta de la Junta para Ampliación de Estudios, que tendrá el patronato técnico del instituto, sujetándose siempre a las disposiciones legales a que aquélla está sometida, o a las que dicten en lo futuro».

Por consiguiente, aunque el Gobierno tendría la propiedad del nuevo centro, la JAE lo controlaría a través de su patronato técnico.



Planta de saneamiento del edificio
Rockefeller (IQFR)

El 3 de abril de 1926, una Real Orden aceptaba la donación de la Fundación Rockefeller y el 3 de septiembre se firmaba un

«Proyecto de acuerdo entre el Gobierno español y la Junta para Ampliación de Estudios por una parte, y la International Education Board por la otra, relativo a la construcción, equipamiento y apoyo de un Instituto de Física y Química, en Madrid, España».

Rubricaron el proyecto de acuerdo Castillejo y Trowbridge.

Aquel mismo mes, la JAE, en sesión del día 22, nombró una comisión encargada de «preparar el concurso para la construcción en Madrid de un Instituto de Física y Química». Entre quienes formaban parte de ella se encontraban Cabrera, Rodríguez Carracido, Moles, Catalán, Palacios, Madinaveitia, Juan María Torroja y el arquitecto Modesto López Otero, catedrático de Proyectos en la Escuela de Arquitectura de Madrid, que a partir de 1927 centraría su actividad en la planificación y dirección de las obras de la Ciudad Universitaria de la capital de España.

No obstante todavía transcurrirían siete años para que se finalizase la construcción del nuevo instituto. Estos años no fueron, sin embargo, ociosos.

Continuaron, por ejemplo, las visitas de representantes de la IEB. En marzo de 1926 tuvo lugar una especialmente interesante: la del físico de la Universidad de Wisconsin, Charles Mendenhall (1872-1935).

En el informe que preparó el 24 de marzo Mendenhall repasaba la situación en el Laboratorio de Investigaciones Físicas:

«La situación general en Madrid con relación a la Física y la Química debería, creo, animar mucho a la IEB, tanto desde el punto de vista de la actitud de aquéllos a los que se propone beneficiar como desde el de la extrema necesidad de la ayuda que pretende conceder. Es decir, encontré un pequeño grupo de entusiastas y sorprendentemente bastante activos investigadores instalados de manera absolutamente inadecuada, que realizan su trabajo sin, por lo que pude ver, ningún apoyo local excepto el que procede de la Junta. No es necesario detallar lo inadecuado de los actuales locales. No conozco ninguna institución en Estados Unidos en la que se estén realizando tareas comparables en locales tan primitivos y poco eficaces»⁷.

Mendenhall había hablado con Cabrera, Moles, Catalán, Palacios (que él escribía como «Poliocious») y Karl Bechert, que entonces estaba en Madrid, trabajando con Catalán.

«Me informé, con algún cuidado, de toda la investigación que actualmente se lleva a cabo en el laboratorio. El profesor Cabrera está dedicado, amplia sino exclusivamente, al estudio del magnetismo, particularmente en su relación con las teorías de Langevin y Weiss. Me impresionó como un experimentador ingenioso, pero acaso demasiado interesado en desarrollar bonitos dispositivos de aparatos que puedan ser utilizados con la máxima utilidad por el experimentador durante una larga serie de experimentos. Me mostró un cierto número de instrumentos bellamente contruidos que se habían hecho en el taller del laboratorio, pero vi poco o nada que indicase mucho interés en mejorar los aparatos o en intentar nuevas ideas».

De Palacios señalaba que

«Está trabajando en el estudio de la estructura de los cristales mediante rayos X; [...] parte de su equipo era bastante inadecuado. Me pareció que no es tan sensible a las novedades de su campo como Catalán es al suyo».

En general Mendenhall extrajo la impresión de que los físicos y químicos de Madrid se inclinaban hacia tipos de investigación poco novedosas, y que necesitaban de estímulos externos, alguien lleno de ideas e ingenuidad técnica. En este sentido sugería que sería muy beneficioso que una persona de este tipo pudiese pasar un año en Madrid, tal vez con la ayuda de la IEB.

El principal motivo por el que el acuerdo logrado no se plasmó con rapidez en el resultado deseado (el nuevo instituto) tuvo que ver con la política nacional. Y es interesante analizar lo que sucedió porque nos habla no sólo de la ciencia sino también de la historia política de aquel periodo, desde una perspectiva que habitualmente no se considera.

El Gobierno decidió cambiar el mecanismo para seleccionar los vocales de la JAE (la modificación de los estatutos se aprobó en mayo de 1926 mediante una Real

⁷ RAC. «Informe de Charles Mendenhall», 24-III-1925.



Muestra de instrumental antiguo del Instituto Nacional de Física y Química de la colección del IQFR expuestos en el stand del CSIC feria Madrid por la Ciencia 2007. En primer plano tubo de rayos X, c 1920; detrás galvanómetro, c 1900 (fotografía de Rafael Martínez Cáceres)

Orden, nombrándose poco después nuevos vocales), y esto, como indicaba otro de los oficiales de la IEB, George Vincent en su diario el 8 de julio de 1926, no ofrecía suficientes garantías a la Fundación Rockefeller. Si se llevaba a cabo tal modificación en los estatutos de la Junta, Vincent pensaba que Trowbridge «estaría justificado en decir que tendría que remitir todo el asunto a Nueva York antes de continuar». En sus notas señalaba que Trowbridge le había informado que en una conversación con Castillejo el 10 de julio, éste era de la opinión que «el cambio en la organización de la Junta fue instigado por un grupo de jesuitas que tienen gran influencia con el ministro de Educación», pero que Primo de Rivera «no sabía nada del cambio propuesto y estaba en contra de él, [aunque] en vista de las implicaciones políticas no desea crear un problema exigiendo la rescisión del Real Decreto»⁸.

Dada la situación, los oficiales de la IEB decidieron escribir una carta a Primo de Rivera pidiendo información para transmitir a Nueva York; aprovecharían la misma para plantear al Gobierno la cuestión de si era razonable modificar la organización de una institución que había funcionado tan bien durante tantos años. La IEB se estaba constituyendo en un punto de apoyo importante para la Junta, en una situación política en la que la posición de ésta era difícil.

Que esto fue así es algo que se observa con claridad a través de las notas del viaje que Trowbridge realizó a Madrid en enero de 1927. El profesor americano

⁸ RAC. «Diario de George Vincent», 8-VII-1926.

llegó a la capital de España el día 12, siendo recibido por Castillejo; el día siguiente ambos se entrevistaban con el duque de Alba.

«El duque es [anotaba Trowbridge] íntimo del rey Alfonso y, aunque de opiniones políticas, amigo de niñez íntimo de Primo de Rivera; es miembro de la Junta y evidentemente su interlocutor con el Gobierno».

Tras efectuar un rápido repaso de las actividades de la IEB en el campo de la ciencia, «utilizando esto para señalar que la única actuación en países científicamente retrasados (no utilicé este término) fue con España», Trowbridge manifestó que en su opinión «el éxito del experimento se había visto muy hipotecado por la manera en que había sido reorganizada la Junta» y que la IEB probablemente no habría tomado la decisión (de financiar la construcción de un Instituto de Física y Química) «que adoptó hace un año si entonces la organización hubiese sido la que es ahora». Se trataba, en suma, de ver si se podía llegar a algún tipo de compromiso con el Gobierno.

El 24 de enero Trowbridge se entrevistó con Primo de Rivera. El duque de Alba, que acompañó al estadounidense, ya había hablado con el dictador sobre la posibilidad de retirar los cambios introducidos en la estructura de la JAE y éste parecía aceptar la idea. En esencia, Trowbridge expuso a Primo de Rivera la posición de la IEB ante las modificaciones introducidas. Por su parte el jefe del Gobierno afirmó que tales cambios en la organización de la Junta no obedecía a motivos políticos, y perseguían, por el contrario, dotarla de mayor autonomía y permitir que en el futuro pudiera administrar presupuestos más grandes. Daba su palabra de que, mientras estuviese al frente del Gobierno, se mantendría el programa original de la JAE sin interferencias. Admitió que las críticas de Trowbridge eran razonables y que de haberlas conocido en su momento habría obrado de forma diferente, pero que no deseaba hacer cambios de nuevo tan pronto, salvo que se comprobase que el programa general de la Junta estaba en peligro. Tal vez cuando se inaugurase el nuevo instituto fuese el momento de introducir esos cambios.

La opinión que se formó Trowbridge de su entrevista con Primo de Rivera fue clara:

«Saqué la impresión de que Primo de Rivera es una personalidad singularmente franca; evidentemente piensa que el cambio sólo redundará en beneficios para la Junta, a la cual manifiesta profesar completa simpatía. El doctor Castillejo y las restantes personas con las que hablé no temen problemas bajo la nueva constitución mientras Primo de Rivera esté al frente del Estado y yo creo que tienen razón»⁹.

Como terreno se eligió uno cercano a lugar donde estaba el Laboratorio de Investigaciones Físicas y la Residencia de Estudiantes, en los Altos del Hipódromo. Entre los papeles de Miguel Catalán, depositados en la Fundación Ramón Menéndez Pidal, se encuentra un documento sin fecha en el que se detallaba su situación:

⁹ RAC. «Informe de Augustus Trowbridge a Wickliffe Rose», IV-1925.

«Terreno situado a la izquierda de la Castellana según se sube al sitio denominado Cruz del Rayo, junto al Camino alto de Chamartín de la Rosa y del canalillo. Linda al norte o espalda en dos líneas rectas, la primera de 21 m y 50 cm y la segunda de 54 m, con el canalillo en tres líneas rectas, la primera de 38 m y 80 cm, la segunda de 32 m y 10 cm, la tercera de 42 m y 50 cm con los señores Melgora y Tejero; al saliente o derecha, en dos líneas rectas: la primera de 136 m y 20 cm y la segunda de 91 m y 60 cm con terrenos de la Compañía Vasco Castellana; al mediodía o frente en seis líneas rectas que suman un total de 280 m y 10 cm con el camino alto de Chamartín de la Rosa; y en otra línea recta de 91 m, con don Manuel Benedito; y al poniente en cuatro líneas rectas, la primera de 241 m y 60 cm, la segunda de 21 m y 30 cm, la tercera de 19 m y 80 cm y la cuarta de 20 m, con terrenos propiedad del Estado, hoy Residencia de Estudiantes. Ocupa una extensión superficial de 65.306 m² y 69 décimas de pie cuadrado. El precio que el propietario señala es de 3 pesetas el pie cuadrado, o sea 2.523.428,07 pesetas».

Adquiridos los terrenos, el proceso avanzó con mayor rapidez. Entre los papeles de Catalán, que formaba parte, recordemos, de la comisión encargada de preparar y controlar los trabajos destinados a la construcción del nuevo laboratorio, se encuentran notas manuscritas de algunas sesiones de la misma. Según esos documentos parece que una reunión particularmente decisiva fue la que se celebró el 17 de febrero de 1927. Según las notas de Catalán a ella asistieron, además de él, el ilustre químico, farmacéutico y antiguo rector de la Universidad de Madrid, Rodríguez Carracido, Cabrera, Torroja, López Otero, Luis Bermejo Viva (catedrático de Química Orgánica en la Facultad de Ciencias de Madrid), Moles, Palacios, Casares Gil (catedrático de Análisis Químico en la Facultad de Ciencias de Madrid), y Madinaveitia. En ella se decidieron las condiciones del concurso de proyectos para el edificio, detalles como que el jurado estaría formado por «un presidente, un físico, un químico y dos arquitectos, éstos designados, «entre un académico de San Fernando, un profesor de la Escuela de Arquitectura, un arquitecto del Ministerio de Instrucción Pública, y uno de la Central de Arquitectos», que se «podrían elegir dos anteproyectos», cada uno de los cuales recibiría un premio de 5.000 pesetas; que «los arquitectos premiados visitarán algunos laboratorios de Europa acompañados de físicos o químicos antes de desarrollar su proyecto, pagándoseles todos los gastos de viaje», o cómo publicitar el concurso. En cuanto al coste total, debería ser de «1.500.000 pesetas, incluyendo los honorarios del arquitecto, calefacción, abastecimiento de aguas y saneamiento». Inmediatamente se preparó un documento titulado *Concurso de proyectos para el Instituto de Física y Química costeado por el International Education Board.- (Fundación Rockefeller-Junior)*, que llevaba fecha del 22 de febrero. El 6 de abril de 1927 se abrió el concurso de proyectos para la construcción del instituto. Se presentaron siete, adjudicándose al de Manuel Sánchez Arcas (1879-1970) y Luis Lacasa (1899-1966)¹⁰.

La documentación relativa a este concurso ha sido objeto de análisis en varios estudios, incluyendo éste, así que no es necesario detallarla. No es superfluo,

¹⁰ El jurado que decidió estaba formado Rodríguez Carracido, Palacios y Casares Gil, además de por los arquitectos Luis Bellido González, jefe de construcción y conservación de edificios municipales, y Ricardo García Guereta.

sin embargo, recordar que se trataba de un proyecto complejo, que implicaba obtener la máxima información de laboratorios extranjeros. En este sentido Castillejo escribía a Catalán el 19 de agosto de 1927:

«Mi querido amigo:

Acabo de recibir carta de París anunciándome el envío de las cinco mil pesetas para los arquitectos y diciendo que el doctor Trowbridge telegrafía que pueden ir los arquitectos y la persona que los acompañe, para encontrarse con él en París entre el 29 de agosto y el 4 de septiembre.

Pido instrucciones al señor Torroja. No sé las señas de Palacios.

Agradecería a usted me enviase enseguida las señas de los dos arquitectos y que les escriba directamente diciéndoles que estén preparados para venir a París, si es necesario, en la fecha indicada, a fin de emprender desde allí la proyectada excursión para ver laboratorios.

En cuanto yo tenga la contestación del señor Torroja telegrafiaré a los arquitectos. Y avisaré a usted, si es usted la persona que ha de acompañarlos.

Escribo también a Cabrera pidiéndole su opinión. Temo que haya salido de San Sebastián y que no le remitan mi carta.

Moles está en la provincia de Lérida.

Un saludo de su buen amigo

José Castillejo

De París sólo envían autorización de viaje para dos arquitectos y un técnico, que es lo que se les dijo. No sé lo que el señor Torroja resolverá»¹¹.

Finalmente fueron Catalán y Moles quienes acompañaron a Sánchez Arcas y Lacasa en su periplo europeo. Según la *Memoria descriptiva* final preparada por los arquitectos,¹² para decidir dónde se colocarían las redes de espectroscopia que necesitaba Catalán, con objeto de obtener la constancia de temperatura con la precisión necesaria, en octubre de 1927 se habían visitado los laboratorios de Basilea, Berlín (Friedrich Paschen), Postdam (Crotian, Torre Einstein), Amsterdam (Zeeman) y Copenhagen (Bohr).

Una vez reunida esta información los arquitectos se dispusieron a recomponer y completar su proyecto. Torroja, que había sido nombrado presidente del comité directivo encargado de supervisar los trabajos de construcción del Instituto,¹³ comentaba a Trowbridge el 5 de abril de 1928, que los arquitectos completarían los planos finales en abril y que la construcción debía comenzar en mayo. Sin embargo, cuando a comienzos de julio Cabrera pasó por la oficina parisina de la IEB, camino de Bruselas, para asistir a alguna reunión del Comité de Física Solvay, del que era miembro, transmitió a Trowbridge la idea de que esperaba que la construcción comenzase en el otoño. Era, como sabemos, una estimación optimista.

¹¹ Archivo de la Fundación Ramón Menéndez Pidal (AFRMP). «Carta de José Castillejo a Miguel A. Catalán», 19-VIII-1927.

¹² Existe una copia de esta memoria, sin fecha, en el Rockefeller Archive Center.

¹³ Los restantes miembros del Comité eran Torres Quevedo, Joaquín Castellarnau, Ignacio Bolívar, José María Plans, y Cabrera como secretario, en calidad de director del instituto (puesto para el que había sido designado por el gobierno mediante Real Orden de 9 de junio de 1928). RAC. «Cajal a Trowbridge», 22-VI-1928.



Reunión del Institut International de Physique Solvay (Bruselas, 1933). Cabrera de pie, en el centro, junto al vértice de la mesa (IQFR)

Es interesante, asimismo, mencionar que desde el punto de vista arquitectónico el estilo elegido por los arquitectos fue más estadounidense que europeo. Así lo explicó Lacasa (1976: 146) en una conferencia que pronunció en Bilbao, publicada en el número de enero de 1929 en la revista *Arquitectura*, y en la que también se refería a otro de los retos del proyecto, que tenía que ver con la situación de la ciencia en España:

«Además, y esto es una circunstancia puramente nacional, hay que confesar que, en general, el sistema pedagógico español aún no está maduro (y no lo digo por el caso que nos ocupa, puesto que el director del instituto, don Blas Cabrera, tiene un prestigio internacional por todos conocido); pero en general es un deber del arquitecto el de adelantarse en lo posible a las deficiencias de los programas de necesidades, uno de los deberes más duros y menos agradables en el arquitecto español.

El sistema de unidades tiene, como ya he dicho, grandes posibilidades de adaptación a las exigencias futuras.

El proceso que hemos seguido para la formación del proyecto del Instituto de Física, creo es simplemente de trayectoria racionalista, del racionalismo americano de dentro afuera, y no del europeo de fuera adentro.

En cuanto a las fachadas, no presentan ningún elemento superfluo, o *voulu*, como diríamos en francés.

Solamente en la portada hicimos una concesión, que creo es de poca monta, aunque confieso es innecesaria. Se proyectó un orden alargado, del estilo llamado

colonial norteamericano, y se hizo así pensando en que Rockefeller, que prohíbe que su nombre figure en sus donaciones, tuviera un recuerdo, aunque fuera mudo».

Menos conocido que lo anterior es un documento que se encuentra entre los papeles de Catalán en la Fundación Ramón Menéndez Pidal. Se trata de un hasta ahora (por lo que yo sé) inédito *Proyecto de reglamento para el Instituto Nacional de Física y Química*, no datado, pero que probablemente debió ser preparado por estas fechas, aunque no es imposible que sea posterior. No es frecuente disponer de información de este tipo, que nos muestra detalles generalmente ocultos del funcionamiento de un centro científico. Por ello lo reproduzco en su totalidad en el apéndice 1.

Finalmente, y ya bajo un nuevo régimen —la Segunda República— el 6 de febrero de 1932 tuvo lugar la ceremonia de inauguración oficial del nuevo Instituto Nacional de Física y Química, en la que la JAE traspasó la titularidad (que no el control, que retenía a través del patronato técnico) del centro al Gobierno español. Presidió Fernando de los Ríos, ministro de Instrucción Pública. Invitados por el Gobierno, estuvieron presentes en el acto Pierre Weiss (Estrasburgo), Richard Willstätter (Berlín), Arnold Sommerfeld (Múnich), Otto Hönigschmidt (Múnich) y Paul Scherrer (Zúrich), todos relacionados con el viejo Laboratorio de Investigaciones Físicas. Weiss y Sommerfeld dijeron unas palabras. Por último tomó la palabra De los Ríos, refiriéndose a una visita que había realizado a Estados Unidos, a la generosidad de los ciudadanos americanos con relación a la educación y a la ciencia, y en particular a la de la Fundación Rockefeller para el pueblo español. Aprovechó la ocasión, además, para asegurar el gran interés que el Gobierno al que pertenecía tenía por mantener e impulsar las instituciones de investigación.

El mismo día de la inauguración se distribuyó un folleto, en el que se detallaba la estructura del nuevo centro. Merece la pena reproducir las palabras que abrían esta breve publicación (*Instituto Nacional...*, 1932):

«La Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, organismo del Ministerio de Instrucción Pública, en su afán por estimular el trabajo científico en nuestro país y recoger además a los antiguos pensionados dándoles ocasión para continuar la labor iniciada, creó hace más de veinte años, el Laboratorio de Investigaciones Físicas, que ha sostenido con toda largueza sin más límites que por sus escasos recursos y la múltiple extensión de su actividad, que comprende también el auxilio económico para trabajos ejecutados en otros laboratorios oficiales de Química. Que su esfuerzo no se malgastó, queda probado por la larga serie de publicaciones en que se han recogido los resultados de interés científico.

Cuantos han contribuido a esta obra, pueden ver en el Instituto Nacional de Física y Química, a cuya inauguración oficial se invita hoy, el galardón que premia su labor; pues la donación hecha por la Fundación Rockefeller prueba el aprecio que ha merecido.

El Estado comprendió el alto sentido de esta donación y, al aceptarla, se comprometió a sostener el instituto dedicado exclusivamente a la investigación científica bajo el patronazgo de la Junta para Ampliación de Estudios. Además, quiso contribuir a los gastos de su construcción, adquiriendo el terreno donde se emplaza con amplitud suficiente para las necesidades actuales y en un porvenir previsible.

Se hizo cargo la Junta de preparar y organizar la construcción e instalación del nuevo Instituto, como el natural desarrollo del Laboratorio de Investigaciones Físicas,

ampliando sus posibilidades para acoger a otros laboratorios de idéntica finalidad, sostenidos por la propia Junta, y permitir nuevas orientaciones de trabajos de la misma índole».

En cuanto a la estructura del nuevo instituto, era la siguiente:

Director.- Blas Cabrera.

Secretario.- Julio Guzmán.

Jefe Técnico.- Juan María Torroja.

Sección de Electricidad.- profesor Cabrera. Ayudantes: doctor Juan María Torroja y doctor Arturo Duperier. Cinco colaboradores.

Sección de Rayos X.- profesor Julio Palacios. Ayudante: doctor Rafael Salvia. Siete colaboradores.

Sección de Espectroscopia.- profesor Miguel A. Catalán. Cuatro colaboradores.

Sección de Química-Física.- profesor Enrique Moles. Ayudante: doctor Miguel Crespi. Once colaboradores.

Sección de Química Orgánica.- Profesor Antonio Madinaveitia. Ayudante: doctor Adolfo González. Ocho colaboradores.

Sección de Electroquímica.- Doctor Julio Guzmán. Ayudante: Doctor Adolfo Rancaño. Nueve colaboradores.

Agregados al Instituto.- Doctores Tomás Batuecas y Santiago Piña de Rubiés. Un colaborador.

Una apreciación interesante del nuevo instituto se encuentra en el informe que un representante de la International Education Board, Lauder Jones, envió a las oficinas de Nueva York cuando lo visitó, entre el 7 y el 9 de abril, esto es un par de meses después de su inauguración. Sobre el conjunto del instituto Jones apuntaba:

«La entrada es amplia, de dos pisos de altura. Esta acabada con ladrillos bronceados, sobre las paredes y techo hay pesadas vigas cubiertas con cobre muy enrojecido, y el artesonado es de rica caoba. La sala de conferencias, con capacidad para varios cientos, está preparada con celotex para absorber completamente los ecos, la mesa frontal, que ocupa todo el ancho de la sala, es de caoba, con todo dispositivo imaginable para electricidad, agua, gas, aire comprimido y vacío. Las numerosas habitaciones para investigación son muy amplias y están equipadas abundantemente con los equipos más modernos»¹⁴.

Parece que pronto el instituto prosperó. Al menos eso es lo que Catalán escribía a su antiguo colaborador de Múnich, Karl Bechert, el 20 de mayo de 1933:

«Nuestro instituto está lleno completamente de modo que no hay sitio para nadie más; parece mentira que en tan poco tiempo como llevamos funcionando se haya llenado pero esa es la realidad. Tanto que estamos pensando en que si hubiera dinero tendríamos que ampliar. Pero por el momento no hay dinero para nadie.

Hemos tenido muchas peticiones de extranjeros para venir aquí pero el Gobierno español sólo admite alumnos, no profesores.»¹⁵

No había dinero, ni tampoco —aunque aún no lo sabían— futuro o, mejor, el futuro que imaginaban. Al igual que al resto de sus compatriotas, el provenir que

¹⁴ RAC. «Informe de Lauder Jones», 9-IV-1932.

¹⁵ AFRMP. «Carta de Miguel A. Catalán a Karl Bechert», 20-V-1933.

aguardaba a los físicos y químicos de la JAE fue trágico, y no tuvieron demasiado tiempo para disfrutar de su nuevo lugar de trabajo, ya que en 1936 comenzaba la Guerra Civil, una contienda que afectó con dureza a muchos miembros del Instituto, cuya dirección pasó enseguida a Moles, ya que Cabrera, se exilió en septiembre de 1936 en París. Si siempre es doloroso encontrarse con acontecimientos del pasado que frustraron un futuro acaso mejor, tal vez lo es más en este caso, porque se trataba de ciencia, de investigación científica, una actividad esencial para el progreso intelectual y material de los humanos, y a la que los españoles no hemos contribuido tanto como sería de esperar dada nuestra larga historia como nación. Como muestra de los trabajos en los que entonces estaban inmersos, en el apéndice 2 reproduzco la lista que aparece en una publicación de la JAE sobre los *Trabajos de investigación y ampliación de estudios. Curso de 1935-1936* (s. f.), seguramente el último de este tipo de informes que preparó la Junta.

Muestra de los sentimientos que animaban en los vencedores de la incivil Guerra Civil son las palabras con las que, en un artículo titulado precisamente «El Instituto *Rockefeller*» el catedrático y antiguo rector de la Universidad de Madrid, Luis Bermejo (1940: 201), se refería a los miembros del Instituto Nacional de Física y Química:

«A los mantenedores del Instituto *Rockefeller* les interesa vivir aislados, a fin de servir mejor a los fines sectarios de la Institución Libre de Enseñanza. Son extremistas en su mayoría o colaboradores del extremismo con careta de píos e ilustres creyentes, que permite rechazar ante crédulos el carácter masónico asignado a la Fundación integral».

Por su parte, el poderoso secretario del nuevo Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), el químico y edafólogo José María Albareda, anotaba en uno de sus escritos inéditos (*circa* 1939-1940; dirigidos a su amigo, el ministro de Educación Nacional, José Ibáñez Martín) los siguientes pensamientos (Sánchez Ron 1992: 68):

«Queda, pues, como centro inmediatamente ligado al Consejo, el Instituto de Física del *Rockefeller*. Exige pensar concienzudamente en su situación. Los físicos de la escuela de Cabrera están persuadidos de que hoy la Física en España es un coto cerrado, en el que, formado el cuadro, nadie podrá penetrar. Dicen que ni siquiera se puede aprobar una tesis doctoral, porque no hay más que un catedrático, Palacios. Y de ahí deducen que es imprescindible la vuelta de Cabrera y el traslado a Madrid de alguno de sus discípulos: de su hermano, que está en Zaragoza; de Velasco, que esperó tranquilamente en Inglaterra el desenlace de la guerra y fue repuesto con la sanción de seis meses de suspensión, por lo que está más rojo que nunca, etc. El hecho es que hoy, en la sección de Física del *Rockefeller* sólo hay una tesis doctoral a punto de ultimar, la de un rojo: Berasain, que estaba en Canarias, y no lo incorporó el Servicio Meteorológico militarizado durante la guerra por falta de confianza. Hay en esta materia, como en otras, un agotamiento de temas que impone la renovación. Se agotan las rayas del espectro de Catalán, sin que haya logrado, como ha intentado largamente, realizar trabajos sobre tema más moderno: el efecto Raman. Está exhausto el magnetismo de Cabrera. Van muy trilladas las redes cristalinas de Palacios. Mientras tanto, la Física hace brotar impetuosamente temas novísimos, de los que nuestra investigación está al margen. No podemos seguir condenados a no tener más

investigación física que la que produce la técnica que nuestros físicos aprendieron en su juventud. Es necesario traer un físico extranjero, mucho más barato, sencillo y eficaz, que empezar por enviar pensionados. En la escuela del italiano Fermi, premio Nobel de Física, hay alguna figura que habría que traer. Hay que traer también un matemático; italianos los hay magníficos. Rey Pastor es una gran figura, pero es solo el científico puro de la Matemática, y al margen de esa dirección pura, hay ramas muy fecundas y prácticas —Volterra en matemáticas aplicadas a la Biología, Humberto Cisotti en mecánica de fluidos, etc.— que nos interesa enormemente trasplantar, más, si la investigación, además del progreso de la ciencia pura, ha de tener sentido práctico».



Palacios y Pastor en Argentina, 1939, sentados, tercero y último por la izquierda (Centenario de Julio Palacios, 1991, colección de la familia Palacios)

Cabrera intentó regresar, pero ni siquiera se le dejó mantener allí su puesto en el Comité Internacional de Pesas y Medidas y tuvo que trasladarse a México en 1941, donde falleció en 1945. A finales de 1941, Moles, que en 1937 había sido nombrado director de Pólvoras y Explosivos, regresó a Madrid desde Francia, donde había estado trabajando en el Centre National de la Recherche Scientifique (tal vez pensaba que la presión internacional que reclamaba que se le restituyese en su cátedra le protegía). En Madrid le esperaba un consejo de guerra, que lo consideró culpable de «auxiliar a la rebelión militar», condenándole a doce años y un día de reclusión menor. Esta pena fue revisada posteriormente, siendo aumentada a treinta años de prisión mayor. En agosto de 1943, al cumplir los sesenta años, pudo lograr la libertad condicional, incorporándose en enero de 1944 al Instituto de Biología y Sueroterapia (IBYS) como asesor técnico.

co de la sección farmacéutica. Catalán no se exilió —pasó de hecho la guerra en zona nacional, en Segovia— pero sufrió otro tipo de exilio, el interior. No recuperó su cátedra hasta 1946, y nunca pudo retornar al viejo *Rockefeller*, aunque sí encontró cobijo investigador en el nuevo Instituto de Óptica del CSIC.

Tal fue, a grandes rasgos, la historia, finalmente truncada, del principal centro dedicado a la física y a la química de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas. Una medida del éxito que obtuvo a lo largo de su historia la da el que de los 303 artículos de física publicados entre 1911 hasta 1937 en la entonces principal revista de física y química española, los *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* (que había sido fundada en 1903), 223 —esto es, el 73,5 por ciento del total— tuvieron como autores científicos que trabajaban en el Laboratorio-Instituto (Valera y López Fernández, 2001: 79). Por todo ello, es justo que hoy, 75 años después de su fundación lo recordemos, y que lo hagamos con un agradecimiento no exento de nostalgia por la historia que pudo ser.

APÉNDICE 1

Proyecto de Reglamento para el Instituto Nacional de Física y Química

El comité directivo designado por la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, delegando en él la misión patronal que le otorga la Real Orden de 20 de noviembre de 1925 respecto al Instituto Nacional de Física y Química, ha creído desde el primer momento deber suyo precisar las modalidades de su misión y las líneas generales del funcionamiento de aquel de la manera más adecuada para garantizar la finalidad investigadora que tuvo en la mente el International Education Board al acordar la donación y el Gobierno español al dictar las bases con arreglo a las cuales podía la Junta tratar con dicha institución.

En el apartado C del quinto considerando de la Real Orden precitada se contiene todo lo que es preceptivo para la vida del instituto, concebido en estos términos.

C. «El Gobierno español declara que el instituto se dedicará a fines exclusivamente científicos, sin propósito directamente profesional o académico, designándose el personal por el Departamento de Instrucción Pública y Bellas Artes, a propuesta de la Junta para Ampliación de Estudios, que tendrá el patronato técnico del instituto, sujetándose siempre a las disposiciones legales a que aquella está sometida, o a las que dicten en lo futuro».

Pero en la interpretación de este texto, la Junta y quienes en su dele-

gación actúen han de tener presentes las bases firmadas en 3 de septiembre de 1925 por el representante del International Education Board, profesor A. Troubridge, y el que lo era de la Junta, don José Castillejo, bases de que derivó la Real Orden de 20 de noviembre de 1925.

Destaca en esta soberana disposición y en aquellas bases la misión investigadora del instituto y la dedicación a ella de su personal. Son más explícitas las bases relativamente al modo cómo debe seleccionarse, pero su espíritu queda recogido en el inciso por el cual la Real Orden atribuye a la Junta la propuesta del personal. Estima este comité que semejante propuesta ha de atender principalmente a las condiciones de investigador, las cuales se justifican plenamente, y además únicamente, por el crédito que merezcan en el mundo científico los trabajos anteriores de los escogidos. Después de todo en el proceso seguido por el International Education Board hasta acordar la donación, se da el ejemplo que debe imitarse en todo tiempo para el menester muy fundamental de escoger las personas en cuyas manos se ponga el instituto.

Sin embargo, no se ha ocultado al comité, y no duda en considerarlo claramente en un documento que no está destinado a la publicidad, que nuestro crédito científico es aún escaso y por tanto pueden permanecer sin la notoriedad merecida per-

sonas cuyas condiciones naturales sean excelentes para la finalidad perseguida. Puede salvarse dicha dificultad poniendo en sus manos cuantos elementos de trabajo se posean, juntamente con la ayuda económica indispensable para dedicar la actividad a una función que exige completa ausencia de preocupaciones materiales. No es esto sino continuar la obra que la Junta comenzó en una época bastante menos propicia que la actual y de cuya eficacia es clara prueba la misma donación que nos ocupa. Semejantes auxilios no requieren la solemnidad de un nombramiento ministerial, que queda reservado a los casos en que el crédito es notorio.

Se exige en la Real Orden y se indica en las bases la necesidad de una dedicación plena, o muy próximamente tal, del personal del instituto a su labor científica. Este es el secreto de la futura eficacia y es necesario ir a ello con toda premura y valentía. Pero no basta la afirmación. Es menester cubrir las necesidades materiales y hasta neutralizar las cuestiones económicas que asalten en cada momento a personas que por su capacidad excepcional las encuentran a diario. Además, es necesario salvar la posibilidad de determinadas funciones para las cuales el Estado y la sociedad misma, necesitan de las personas mejor dotadas, en cuanto no perjudiquen a la vida científica del instituto. Por eso es menester proceder aquí con atención poniendo en manos del comité y la Junta la resolución definitiva de los casos en el momento oportuno.

Es este uno de los motivos por los cuales estima el comité que la

fijación de emolumentos en razón de las funciones y trabajos realizados en el instituto debe realizarse con gran libertad por el comité y la Junta, sin las dificultades que acarrea una disposición ministerial, para cada caso.

Tales son las ideas generales que han dirigido la redacción del siguiente proyecto de

Reglamento del Instituto Nacional de Física y Química

1. De acuerdo con el apartado C del quinto considerando de la Real Orden de 20 de noviembre de 1925, fijando las condiciones de la donación de la Institución Rockefeller; aceptada por Real Orden de 3 de abril de 1926, el Instituto Nacional de Física y Química se dedica a fines exclusivamente científicos, sin propósitos directamente profesionales o académicos.

2. El patronato técnico, que con arreglo al mismo apartado corresponde a la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, lo ejercerá por medio de un comité directivo, integrado por un presidente y cuatro vocales, que nombrará libremente, y el director del instituto que desempeñará la secretaría.

3. El comité realizará las siguientes funciones:

a) Determinará en todo tiempo las secciones en que se divida el instituto y en relación con ella propondrá el número y especialidad de los profesores que a ella se adscriban.

b) Juiciará las propuestas de estos profesores y de todo otro personal que juzgue indispensable para

su funcionamiento normal, con los requisitos que se detallan en los artículos 6, 14 y 15, cuyo nombramiento definitivo corresponde al Departamento de Instrucción Pública y Bellas Artes, a tenor de lo dispuesto en la Real Orden citada.

c) Nombrará los ayudantes y el personal que adscriba temporalmente al instituto.

d) Otorgará los auxilios y becas a que se refieren los artículos 12 y 13 en la forma que en ellos se determina.

e) Velará por el cumplimiento de las condiciones impuestas al hacerse un nombramiento u otorgarse un auxilio, pudiendo llegar en la corrección de la falta hasta proponer o acordar, según los casos, el cese de quien las cometa.

f) Formulará el presupuesto anual, dentro de la cantidad asignada por el Estado con dicho fin y demás recursos que la Junta u otros donantes le otorguen, atendiendo a las necesidades del personal y el material.

g) Anualmente redactará una memoria dirigida a la Junta, donde reseñe la labor hecha y el aprecio de la misma en el mundo científico, medido por la cita de los trabajos publicados.

h) Corresponde al comité dirigir toda cuestión que surja en la vida del instituto e interpretar o suplir este reglamento y demás disposiciones que se dicten.

4. La creación de una sección nueva no se hará sino después de encontrar persona capacitada para dirigirla, apreciada dicha capacidad por la autoridad de que gocen sus trabajos entre los especialistas.

5. El director se nombrará por el Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes, a propuesta de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, fundamentándola en la relación de sus trabajos de investigación referentes a cualquiera de las materias que en el instituto se cultiven, con expresión concreta de la obra o revista científica en que se hayan publicado; así como de los libros y memorias de especialistas donde dichos trabajos se mencionen.

Cuando la Junta estime que el director en ejercicio no llena las condiciones que el cargo exige deberá proponer su cese.

6. Acordada por el comité directivo la creación de una plaza de profesor, elevará la propuesta de la persona que considere más apropiada para su desempeño entre los investigadores españoles de la disciplina en cuestión, justificará su elección con la lista de sus trabajos científicos ya publicados en libros o revistas nacionales o extranjeras, juntamente con la cita de las memorias y obras de especialistas donde dichos trabajos se mencionen. La Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas cursará esta propuesta informada al ministro de Instrucción Pública, a quien corresponde el nombramiento, según el apartado C del quinto considerando de la Real Orden de 20 de noviembre de 1925.

En los campos en que el comité directivo considere que un profesor no llena las condiciones científicas o de celo indispensables para la función del cargo, deberá proponer el cese, que será anunciado al interesado con un año de antelación. Sin

embargo, podrá ser suspendido en sus funciones en cualquier momento, comunicando el motivo a la superioridad.

7. El nombramiento de ayudante se hará por la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, a propuesta del profesor a que se halle adscrito o del director, informada por el comité. Justificará la propuesta por la obra realizada y publicada por el agraciado. El cese se decretará también por la Junta a propuesta del profesor y no será efectivo sino seis meses después de ser comunicado, aunque si puede suspenderse en el acto de sus funciones.

8. La remuneración del director se fijará por la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas al principio de cada año. Caso de disconformidad del interesado seguirá disfrutando dicho año de la retribución anterior; pero se entenderá que al final del mismo cesará en su cargo. En el caso de los profesores formulará las propuestas el comité directivo y servirá como tipo regulador la remuneración de 15.000 pesetas anuales asignada a los profesores que dediquen al Instituto un tiempo medio diario no menor de seis horas, equivalente a una cátedra universitaria. Compete al comité directivo la apreciación de estas circunstancias, así como apreciar su celo, tomando en consideración las declaraciones personales del interesado y los demás informes que pueda allegar. Como resultado de este juicio y de las posibilidades económicas dentro de la consignación global del instituto, propondrá anualmente la remuneración de cada profesor.

9. En los meses de enero, abril y julio presentará cada profesor a la dirección una memoria breve con expresión de su trabajo, realizado y en curso, así como del personal a sus órdenes, con expresión del tiempo medio de asistencia de cada uno. En la última aconsejará, además, los cambios que estime prudentes en la remuneración y la creación de nuevas plazas de ayudantes que considere convenientes, para que el comité pueda tenerlas en cuenta al formar el presupuesto inmediato.

10. El director, los profesores y demás personal técnico gozarán de dos meses de vacaciones al año, normalmente contados desde el 15 de julio al 15 de septiembre. Sin embargo, el director cuidará que ello no interrumpa los servicios que sean permanentes, a cuyo fin procurará que haya personal capacitado para ellos en todo tiempo en que sea necesario, regulando de modo conveniente el uso de aquellas vacaciones.

11. Cuando el personal técnico del instituto asista a reuniones científicas internacionales, con autorización del comité, se computará el tiempo que ellas duren y el prudencial para el viaje, como servido en el instituto con el número de horas diarias que normalmente le dedique. También podrá ausentarse con ocasión de trabajos específicos por el tiempo y las condiciones que el comité juzgue oportunas.

12. El comité, a propuesta del director, podrá otorgar auxilios económicos a personas científicamente capacitadas para la realización de trabajos de investigación de Física o Química, tanto en forma de prestación de los medios de que el instituto disponga para la ejecución de aque-

llos, como de gratificación personal. Las condiciones en que el auxilio se otorgue se fijarán por el comité en vista de cada caso concreto y su cumplimiento será inspeccionado por el director o profesor en quien delegue.

13. El otorgamiento de becas se hará a propuesta de los profesores del Instituto a favor de aquellos de sus colaboradores que estimen acreedores a esta ventaja por la continuidad y eficacia de su trabajo y sus necesidades económicas. Cuando la cantidad disponible no cubra el total de las propuestas la elección entre ellas se hará por el Comité, atendiendo en lo posible a las indicaciones del profesorado.

14. El personal administrativo lo integrará un secretario-administrador con los auxiliares necesarios. El primero habrá de ser persona de reconocida capacidad científica para las labores del Instituto, propuesto por el comité. La Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas cursará e informará la propuesta y nombramiento correspondiente al ministro de Instrucción Pública.

Sus funciones y remuneración se fijarán por el comité a propuesta del director. También corresponde al comité el nombramiento de los auxiliares indispensables.

15. Los servicios de máquinas y las diversas distribuciones de electricidad, agua, gas, ventilación, así como los talleres, estarán dirigidos por un jefe técnico con capacidad para los trabajos del Instituto, bajo la dependencia inmediata del director; que formulará en cada momento las reglas que juzgue oportunas para la mejor marcha del ser-

vicio. Su nombramiento corresponde al ministro a propuesta del director, con la conformidad del comité y de la Junta.

Además habrá un jefe de máquinas con la preparación técnica indispensable para la maniobra de las instalaciones existentes y ejecutar las reparaciones de urgencia.

Un maestro de taller mecánico y Un maestro-soplador de vidrio, capacitado para la construcción y reparación de instrumentos científicos.

16. Este personal está obligado a enseñar a los obreros y aprendices que se agreguen a sus departamentos respectivos, así como a cualquier otra persona autorizada por el director.

Atenderán a los servicios generales del Instituto y a las necesidades de todas las secciones, correspondiendo al director señalar el orden de prelación cuando exista acumulación de trabajo.

17. A la sala de máquinas y talleres mecánicos y de soplado se asignarán los obreros y aprendices necesarios, bajo las órdenes inmediatas de los respectivos maestros.

Dichos obreros y aprendices tendrán también a su cargo el servicio de mozos de laboratorios, debiendo reintegrarse a sus respectivos talleres en cuanto cese la labor circunstancial para que hayan sido requeridos. La reglamentación detallada de este personal se hará por el director, quien podrá modificarla en cualquier momento.

Los jornales de todo el personal a que se refieren los artículos precedentes, se establecerán por el comité directivo en relación con sus funciones y con arreglo al régimen

normal de contratación de estos servicios en Madrid. No podrán ser despedidos sin previo anuncio, con un mes de antelación, salvo caso de falta grave.

Disfrutarán de 15 días de vacaciones al año.

19. Un obrero designado por el director tendrá habitación en el re-

cinto del instituto y quedará encargado de la vigilancia permanente del mismo. Podrá ser reemplazado, previo aviso, con un mes de antelación.

(Trascripción de una copia mecanografiada depositada en el Archivo de la Fundación Ramón Menéndez Pidal)

APÉNDICE 2

Investigaciones en curso en el Instituto Nacional de Física y Química

Instituto Nacional de Física y Química, bajo la dirección del doctor don Blas Cabrera.

1ª Sección de Electricidad, bajo la dirección de don B. Cabrera, con la colaboración de J. Torroja y G. Montaud.

a) Estudio de generadores de onda corta y extracorta y aplicaciones diversas.

b) Coeficientes dieléctricos y sus variaciones con la temperatura y la frecuencia del campo.

c) Estudios sobre registros gráficos de sonidos eliminando las perturbaciones mecánicas.

d) Estudios sobre fotoelectricidad.

Magnetismo, con la colaboración de A. Dupérier.

a) Susceptibilidad de sustancias diamagnéticas en relación con la constitución molecular.

b) Determinación empírica con el magnetón de Weiss.

c) Momento magnético de los iones de las tierras raras y constante Δ de sus sales.

d) Estudio magnético de las disoluciones e influencia de la temperatura.

e) Influencia del campo magnético sobre la resistencia de los metales ferromagnéticos en las proximidades del punto de Curie.

2ª Sección de Rayos Roentgen, bajo la dirección de don J. Palacios, con la colaboración de J. Garrido.

a) Determinación de estructuras cristalinas.

b) Estudios metalográficos con los rayos Roentgen.

c) Estudios de texturas metálicas.

d) Estructura fina de las aristas de absorción de los rayos Roentgen.

e) Análisis químico mediante los rayos Roentgen.

f) Aplicación de los rayos Roentgen a los fenómenos de pseudomorfismo.

g) Medida de factores atómicos.

3ª Sección de Espectroscopia, bajo la dirección de don M.A. Catalán.

a) Análisis estructural del espectro de arco del wolframio.

b) Continuación del estudio del espectro en arco y en chispa del Co.

c) Extremo ultravioleta e infrarrojo de los espectros de chispa y arco del molibdeno.

d) Continuación del estudio del espectro del Fe.

e) Estructura del espectro del Cr I y Cr II.

f) Estudio del espectro del niobio.

g) Constitución del ácido nítrico y nitratos mediante el efecto Raman.

b) Constitución del ácido sulfúrico y sulfatos.

i) Medidas en el extremo ultravioleta y análisis estructural del espectro de chispa del manganeso.

El agregado al instituto don S. Piña de Rubiés se ocupará de los trabajos siguientes:

a) *Estudio de los espectros de arco de tierras raras.*

b) *Investigación de las rayas cuánticas en espectro de arco de los metales.*

c) *Determinaciones cuánticas espectroscópicas.*

d) *Espectros de aguas minerales.*

4ª Sección de Química Física, bajo la dirección de don E. Moles, con la colaboración de M. Crespi.

a) *Continuación de las revisiones de pesos atómicos. Revisión del peso atómico del hidrógeno. Síntesis del agua en peso y en volumen. Pesos atómicos de C, S, F, N. Peso atómico del V.*

b) *Continuación del estudio sistemático del papel del agua en los hidratos cristalizados, sales sódicas, ortonitratos, seleniats y selenitos.*

c) *Determinación de volúmenes moleculares. Caso del agua en los ácidos iónico, sulfúrico y selénico.*

d) *Estudio sistemático de desecantes. Dreierita y perclorato de aluminio.*

e) *Estudio de Cinética química. Cloratos y permanganatos.*

f) *Estudios de las variaciones de composición de aire atmosférico.*

g) *La absorción de gases por las paredes de vidrio.*

5ª Sección de Química Orgánica, bajo la dirección de don A. Madina-veitia, con la colaboración de A. González.

a) *Constitución química del corcho.*

b) *Principios amargos de las compuestas.*

c) *Colorantes naturales oxiquinoideos.*

d) *Transformaciones químicas en el madurado de las aceitunas.*

e) *Mucílagos de semillas.*

6ª Sección de Electroquímica, bajo la dirección de don J. Guzmán, con la colaboración de A. Sarabia.

a) *Lontinuación del estudio del electroanálisis con tres electrodos (método Guzmán), Zn, Cd, Co.*

b) *Continuación del estudio de electroanálisis simplificado sin aparatos de medida (técnica Guzmán).*

c) *Continuación de los trabajos de galvanostegia brillante con tres electrodos (método Guzmán) Zn y Cd.*

d) *Electrorrefinación de metales con electrodo auxiliar (método Guzmán) Zn y Cd.*

e) *Nuevo empleo de polarógrafo para electrovolumetría.*

f) *Nueva aplicación del electrodo polarizado a potenciometrías de salto en sistema red-ox.*

g) *Nuevas simplificaciones de técnica para electrovolumetrías y microelectrovolumetrías.*

h) *Nuevas técnicas previstas para despolarimetrías.*

i) *Continuación del estudio de conductimetrías sin puente de medida (técnica Guzmán-Sarabia).*

(Tomado de Trabajos de investigación y ampliación de estudios. Curso 1935-1936. Madrid: Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, s.f.)

Anteproyecto del Instituto Nacional de Física y Química. Frente principal, 1932 (IQFR)



El edificio *Rockefeller*¹

Antonio Bonet Correa

Real Academia de Bellas Artes de San Fernando

El edificio del Instituto Nacional de Física y Química (*Rockefeller*), de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, hoy sede de tres centros de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, es una de las obras más significativas e importantes de la arquitectura española de su tiempo. Inaugurado el 2 de febrero de 1932, era una obra de vanguardia. Diseñado y construido por los arquitectos Manuel Sánchez Arcas y Luis Lacasa, quienes, en 1928, habían ganado el primer premio de un concurso en el que se habían presentado siete proyectos de distintos arquitectos, su edificio, pese al medio siglo transcurrido y al cambio de las técnicas empleadas en la investigación, sigue cumpliendo su misión

¹ Artículo escrito para el libro *50 años de investigación...* (1982): 112-117, unificado con las normas de edición que han seguido el resto de los capítulos del libro. Las palabras entre corchetes en el texto son añadido de los editores.

de manera perfecta². Ganado el concurso, sus arquitectos, acompañados de los investigadores Enrique Moles y Miguel A. Catalán, ambos jefes de sección del instituto, recorrieron Europa —Francia, Suiza, Alemania, Dinamarca e Inglaterra—, visitando instalaciones similares a las que tenían que construir en Madrid. El resultado del viaje fue óptimo, plasmándose en el proyecto definitivo, en el cual se recogían, tanto en su estructura como en sus instalaciones, los mayores adelantos entonces conocidos en materia de laboratorios para una ciencia experimental.

Construido con la donación de la International Education Borrad (Fundación Rockefeller) en los terrenos que con tal fin había comprado, en 1926, el Estado español en los llamados Altos del Hipódromo, en el lugar conocido por la Cruz del Rayo, el Instituto Nacional de Física y Química estaba situado en un lugar privilegiado. Muy cerca se encontraba la famosa Residencia de Estudiantes, de la Calle Pinar, y el Instituto-Escuela —hoy Instituto Ramiro de Maeztu—, ambas creaciones nacidas del espíritu pedagógico de la Institución Libre de Enseñanza³. Con su bella arquitectura simple y funcional, estos edificios, englobados en el complejo urbanístico, más retórico, construido después de la Guerra Civil por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, constituían el embrión de una pequeña ciudad universitaria, anterior y paralela a la creada en 1927 en la Moncloa. Como muy bien ha dicho don Bernardo Giner de los Ríos (1952: 60), en los Altos del Hipódromo «radicaba uno de los núcleos de tipo moral e intelectual de más categoría que ha tenido España». En el leve y luminoso promontorio que Juan Ramón Jiménez denominó Colina de los Chopos, junto al romántico paseo del Canalillo se alumbraba por aquellos años una nueva España. Ciencia y belleza aunadas resplandecían, cristalizando en la nueva arquitectura. No muy lejos se crearon entonces las colinas Parque-Residencia y El Viso, complementos naturales y domésticos de una nueva manera de concebir la vida, de forma de habitar y pensar la ciudad. Aire y luz, higiene física y mental. Las casas, de volúmenes similares y sin ornamentos, con grandes ventanas abiertas a jardines, se alineaban espaciándose en las nuevas urbanizaciones. El orto de una ciudad inaugural surgía en medio de lo que antes habían sido campos de jaras. Los edificios recién estrenados anunciaban un mundo nuevo que, por desgracia, muy pronto se vio cercenado, cordado de raíz por los enemigos de la razón. Pero, por fortuna, ahí queda en pie la arquitectura, como ejemplo y testimonio histórico.

El edificio del Instituto Nacional de Ciencias Físicas y Químicas, hoy de Química-Física, sigue siendo hoy modélico por la perfecta adecuación al fin para el que fue construido. Basado su tamaño, lo mismo que su forma, en las necesidades propias de un laboratorio científico, reúne todas las condiciones requeridas para el trabajo de investigación de carácter experimental. La racional-

² Al concurso se presentaron los proyectos de los arquitectos Santos y Aguirre, Benavent, Íñiguez, López Romero, Guitart, Cumillas, y el de Sánchez Arcas y Lacasa.

³ Antonio Flórez Urdapilleta fue el arquitecto de la Residencia de Estudiantes en 1913. Posteriormente se añadieron a la Residencia el pabellón de dirección y la sala de conferencias, hechos por Javier de Luque, y el Auditórium, obra de los arquitectos Martín Domínguez y Carlos Arniches, autores también, en 1931, del Instituto-Escuela.



Plano de la Colina de los Chopos, campus de la Junta para Ampliación de Estudios, en la década de 1930 (reproducido de *Poesía*, Madrid, 17-19, 1983, p. 47)

lidad y probidad de su arquitectura, la objetividad de su diseño, hacen que sea un edificio ejemplar. Nada en él resulta inútil o superfluo. Dentro de su recinto, de gran claridad distributiva de plano, no existen los espacios residuales. Manuel Sánchez Arcas, el mejor especialista en instalaciones hospitalarias de su época y sin duda el arquitecto-constructor más concienzudo y mejor formado de la arquitectura racionalista, lo mismo que Luis Lacasa, arquitecto más racional y teórico, supieron en el Instituto Nacional de Física y Química llevar a cabo un edificio total, a la vez que funcional y no exento de valores arquitectónicos, incluso monumentales en el mejor sentido de la palabra. El valor doble del edificio se debe tanto a la adecuación del destino adjudicado como a la calidad de una realización racional y científica de la arquitectura, paralela a la de la ciencia que se investigaba dentro de su recinto. Nada más *parlante* que la armonía de su exterior y la correspondencia con el interior. La distribución de las partes públicas y de trabajo, de sus despejados pasillos y las unidades o módulos de los laboratorios para los atareados investigadores, lo mismo que la infraestructura de los servicios —electricidad, agua, gas, etc.—, son modelo no superado en la actualidad. La conjunción de lo práctico y la sensibilidad para realzar por medio del puro diseño una arquitectura de ambientes gratos que invitan a la reflexión, que eliminan el cansancio que produce el permanecer muchas horas concentrado en un trabajo intelectual. Tras el análisis de la realidad, sus arquitectos, con una idea muy clara de los fines propuestos, han sabido realizar un edificio en el que el proyecto, realizado de dentro a fuera, libre de prejuicios y dogmas, cumple unos presupuestos en los que lo útil y lo bello están situados en idéntico

plano. La armonía entre lo práctico y lo hermoso dominó siempre en la obra de Sánchez Arcas, arquitecto muy respetado por sus amigos y discípulos a causa del dominio de su arte, en el que no dejaba ningún cabo sin atar. Basta para constatarlo leer las memorias de obra de sus edificios y proyectos o estudiar sus obras más significativas, como la singular Central Térmica de la Ciudad Universitaria, el Mercado de Algeciras, ambas obras en colaboración con [Eduardo] Torroja, el Hospital de Toledo o el Hospital Clínico de Madrid o el Hotel Condestable de Burgos⁴. Luis Lacasa, más preocupado con problemas como el de la vivienda-mínima, participaba en igual manera de la racionalidad y valor social de la arquitectura. Como Sánchez Arcas, Lacasa formaba parte del equipo que construía la Ciudad Universitaria de Madrid⁵.

⁴ Manuel Sánchez Arcas, hijo de un médico de Bejar y hermano de un prestigioso ginecólogo clínico, nació en 1897. Arquitecto en 1920, tras haber seguido un curso de urbanismo en Londres, trabajó de 1924 a 1926 en la oficina técnica de Secundino Zuazo. En 1925 fue vocal de la revista *Arquitectura*. En el mismo año presentó a un proyecto con Juan Arnal Rojas para el concurso para la Tabacalera. En 1927, también con Juan Arnal, ganó el concurso para el Hospital Español de México, de 1.200 camas, acabado en 1930. desde 1927 formó parte de la Junta de Obras de la Ciudad Universitaria de Madrid, en donde realizó el pabellón de Gobierno, la Central Térmica, hoy muy transformada, y el Hospital Clínico, de 1.500 camas, reconstruido después de la Guerra Civil por Miguel de los Santos. Autor con Hernández Briz y Botella del pabellón de Castilla la Nueva en la Exposición Iberoamericana de Sevilla, proyectó también con Luis Lacasa y F[rancisco] Solana el Hospital Provincial de Toledo, de 350 camas, acabado en 1931. En 1930 ganó el concurso para un hospital en Logroño. En 1933 publicó la memoria de un anteproyecto de hospital en San Sebastián, en colaboración con [Joaquín] Labayen y [José Manuel] Aizpurua. En 1931 firmó el Manifiesto de la Sociedad de Artistas Ibéricos. En 1934 proyecta el Hotel Condestable de Burgos y en Algeciras, con el ingeniero Eduardo Torroja, construye el Mercado de Algeciras. Además de otras obras, como la de los naturalistas de [El] Ventorrillo [Estación Alpina de Biología del Guadarrama, de la Junta para Ampliación de Estudios], un proyecto para el Instituto Nacional de Historia y Facultad de Física-Química de la Universidad de Oviedo, en 1935 participa con los arquitectos Rivas y Zabala y el ingeniero López Ochoa en el concurso para la construcción de edificios para militares de la plaza de Madrid. Durante la Guerra Civil ocupa puestos importantes de carácter cultural. Exiliado en Polonia, en donde fue embajador de la República española, construyó allí un hospital y contribuyó a la reconstrucción de Varsovia. Fue autor de dos libros de carácter científico publicados por la Deutsche Bauakademie de Berlín: *Form und bauweise der schalen* (forma y estructura de cubiertas), Berlín, 1961, y *Satad und verkebr* (ciudad y tráfico), Berlín, 1968. el día 5 de febrero de 1970 falleció en Berlín.

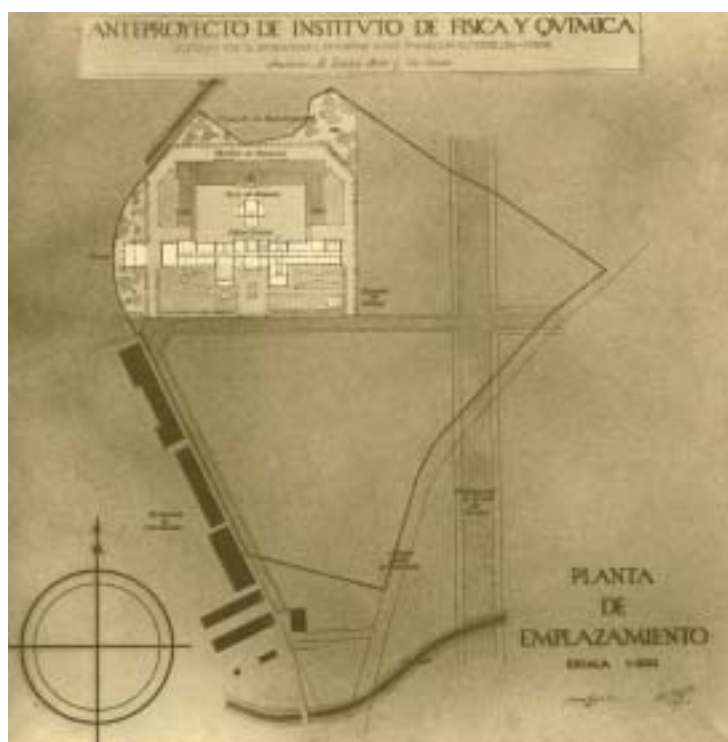
⁵ Luis Lacasa nació [en Ribadesella] en 1899 y murió en Moscú en 1966. Arquitecto en 1921, desde ese año hasta 1923 trabajó en la Oficina de Urbanización del Ayuntamiento de Dresde (Alemania). En 1925, lo mismo que Sánchez Arcas, fue vocal de la revista *Arquitectura*, de la que fue asiduo colaborador. En el mismo año también se presentó con Enrique Colás al concurso del edificio de la Tabacalera. Dibujante y buen escritor, no cesó de publicar y de dar conferencias, recogidas en el volumen *Luis Lacasa. Escritos. 1922-1931*, publicado por el Colegio de Arquitectos de Madrid en 1976, con una introducción de Carlos Sambricio. Como arquitecto de la Junta de Obras de la Ciudad Universitaria se ocupó de las instalaciones deportivas y proyecto de la Residencia de Estudiantes, hoy Colegio Mayor Covarrubias. Desde 1926 formó parte de la Oficina Técnica Municipal de Urbanismo del Ayuntamiento de Madrid. En 1934, con Esteban de Mora, [Jesús] Martí y [Eduardo] Torroja proyectó un plan de viviendas agrícolas en Guadalmellato. Fue autor, en 1937, con [Joseph Lluís] Sert, del célebre Pabellón Español de la Exposición de París, en donde se exhibían, entre otras, obras de Calder, de su cuñado el escultor Alberto, y *El Guernica* de Picasso. Después de la Guerra Civil se exilia en Moscú. En 1954 viaja a China para hacerse cargo

El edificio merece ser considerado en general y en detalles. De fábrica de ladrillo visto, según una tradición nacional entonces renovada por la vanguardia —no debe olvidarse la nueva arquitectura holandesa, muy estudiada por Sánchez Arcas— se compone de un cuerpo central con dos alas de laboratorios; hay que añadir, en la fachada posterior, los pabellones bajos y perpendiculares de la sala de máquinas, talleres y vivienda del conserje (Sánchez Arcas, 1926). El edificio —con sótano y tres plantas, en principio el primero para Física, el segundo para Física-Química, y el tercero para Química— está estructurado según un sistema modular que permite dar unidad a todos los laboratorios, múltiplos de la superficie del módulo y, a la vez, estar uniformemente iluminados. Con grandes pilares colocados a 4,5 m de distancia, se logró eliminar cargas de los muros y hacer que los tabiques pudiesen ser cortinas móviles, dando a las tres plantas de laboratorios y despachos el tamaño requerido si es que se querían modificar, agrandándolos o estrechándolos. En la primera planta, en la que se requerían aparatos de Física muy pesados, unas placas o plataformas de hormigón sirven para que puedan colocarse grandes cargas sin peligro de hundimiento. Construido todo el edificio con juntas de dilatación muy estudiadas para impedir que se transmitan las vibraciones de los motores y de los ascensores, además de revestimientos de placas de corcho para eliminar ruidos y [conseguir] un completo acondicionamiento térmico, tiene instalaciones muy cuidadas de agua, gas, aires, electricidad y calefacción. En los pasillos hay un recubrimiento de una delgada chapa ondulada de hierro que forma así un doble muro por el que discurren todas las tuberías de traída, que pueden ser reparadas o reformadas sin necesidad de picar o destrozar las paredes. Cada laboratorio, de muebles estandarizados, con fregadero e instalación de gas y electricidad, cuenta con un servicio de canalizaciones de líquidos que se evacúan por tuberías de gres anticorrosivas, instaladas en los entrepisos. El edificio estaba dotado desde un principio por extractores del aire viciado, renovando el aire interior, inyectando el del exterior previamente filtrado y acondicionado a la temperatura requerida. No vamos aquí a detallar más las instalaciones funcionales. Señalemos de nuevo la elasticidad del plan y lo objetivo y racional de una arquitectura pensadas para que todo resulte práctico y eficaz.

El edificio está orientado entre el Norte y el Sur, de forma que tiene luz natural adecuada y constante en el Norte para determinados trabajos de investigación. En el Sur se encuentra la fachada principal, con su pórtico de corte clásico que da a un vestíbulo en el cual se encuentran de un lado y otro, simétricamente, las partes más públicas del instituto: el salón de conferencias —con cabina de cine— y el secretariado y [la] biblioteca del centro. Desde este cuerpo se pasa a las dos alas del edificio. Un amplio pasillo las recorre de un punto a otro. En la biblioteca [hay] una escalera volada de caracol de tipo barco y el espacio que ocupa —lo mismo que el salón de conferencias—, dos plantas, con sus grandes ventanales, hacen que

de la sección española de la Editorial en Lenguas Extranjeras. En 1960 viene a España, pero al mes es obligado a abandonar el país, regresando a Moscú, donde trabaja en el Instituto de Arte de la Academia de Ciencias. Muere en Moscú el 30 de marzo de 1966.

el lector se sienta en un ambiente silente y propicio al estudio. En los pasillos y en los laboratorios, con muebles funcionales, muy modulados, con lámparas de globos y relojes esféricos, el visitante siente que se encuentra en unos espacios pensados para ocuparse de lo esencial y no distraer la imaginación de los investigadores. Un ambiente muy *metafísico* domina el interior creado por el espíritu de una arquitectura acorde con el diseño de vanguardia de los años veinte.



Planta de emplazamiento del Instituto Nacional de Física y Química, 1932 (IQFR)

En el exterior del edificio domina la línea horizontal, pese a lo esbelto de las columnas del pórtico y la verticalidad de los ventanales de arco de medio punto de los cuerpos salientes de la sala de conferencias y la biblioteca, que con sus trazas dan variedad de volúmenes a la totalidad. También son de señalar los pórticos bajos de las dos alas, que con las ventanas verticales del conjunto imprimen un ritmo enérgico y fuerte a los desnudos muros de ladrillo. Pero, sin duda, lo más singular e incluso sorprendente del edificio, es el pórtico central. Lacasa (1976: 146) en una conferencia, en 1929, antes de su realización, disculpa su diseño, considerando que ha sido una concesión innecesaria, aunque en su criterio de poca monta. Según sus palabras, se había proyectado con

«Un orden alargado, del estilo colonial norteamericano, y así se hizo pensando en que Rockefeller, que prohíbe que su nombre figure en sus donaciones, tuviera un recuerdo, aunque fuera mudo».

Sánchez Arcas, el más inglés de nuestros arquitectos, [también] según palabras de Lacasa, y que conocía directamente los campus universitarios americanos, hubo de ser quien realizó este pórtico, digno de un ilustrado neoclásico, de un iluminista revolucionario del siglo XVIII⁶. Interpretación de los pórticos paladéanos de América, es muy vilanoviano y postmoderno, anticipándose a un clasicismo dorsiano y de retorno al orden, muy de los años treinta, y no se diga de los ochenta.



Anteproyecto del Instituto Nacional de Física y Química. Frente posterior, 1932 (IQFR)

En el fondo este pórtico resulta un tanto extraño respecto a la ideología y mentalidad de Sánchez Arcas y Lacasa, los dos con conceptos políticos muy contrarios a aquéllos que podían complacerse con una interpretación falsamente historicista de la arquitectura. Como [Adolf] Loos, consideraban un delito el ornamento superfluo. Su contrapartida la tuvieron en el pórtico, parte central de la fachada posterior. En el polo opuesto —como muy bien me señaló en mi visita al centro el culto investigador Armando Albert—, esta portada está ordenada con un sencillez extrema: una bandas de contrafuertes que separan los ventanales sin marco y unos remates cuadrados de chimeneas o conductos de aeración. Lo funcional estructura la composición. Su diseño evoca la arquitectura holandesa o alemana de la época. Cara y cruz del edificio estos dos pórticos —el de las columnas estilizadas y el de los contrafuertes y chimeneas—, se comprende [con ellos] el valor de la arquitectura parlante, el anverso y el reverso de una construcción a la vez lugar de producción de un saber concreto y símbolo del espíritu universal de la ciencia.

⁶ Con el vizconde de Casa Aguilar y el doctor Floristán de Aguilar, hicieron un viaje a Norteamérica los arquitectos Manuel Sánchez Arcas, Miguel de los Santos y Rafael Bergamín, los médicos militares Gómez Ulla, Nicolás Cantos y Severino Bustamante y el conde de Santa Cruz de los Manuales.

El edificio *Rockefeller* en el año de su inauguración, 1932 (IQFR).



El edificio *Rockefeller* y los arquitectos Luis Lacasa y Manuel Sánchez Arcas. Notas sobre la arquitectura de la Segunda República en Madrid

**Salvador Guerrero
Cristina García González**
Universidad de Alicante

Mil novecientos veintisiete es un año que ha entrado en los anales de la historia de la arquitectura española del siglo XX. Durante este año se construyeron la estación de gasolina Porto Pi de la madrileña calle Alberto Aguilera, obra del arquitecto Casto Fernández-Shaw; la casa para el marqués de Villora, también en Madrid, de Rafael Bergamín, y se inició el Rincón de Goya en Zaragoza, de Fernando García Mercadal, inaugurado en 1928 con motivo del centenario de la muerte del pintor de Fuendetodos. Los tres arquitectos pertenecen a lo que Carlos Flores (1961) llamó generación de 1925¹, el nombre acuñado para desig-

¹ Como alternativa al libro de Flores fue publicado el de Bohigas (1970). Recientemente ha visto la luz una edición revisada y ampliada del mismo, Bohigas (1998).

nar a este grupo de arquitectos contemporáneos de los literatos y artistas del 27, responsables de la primera arquitectura moderna en Madrid.

En el mencionado año de 1927 se convocó un concurso público para construir el edificio sede del Instituto Nacional de Física y Química de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (Bonet Correa, 1983:69-72). En la Junta venía funcionando desde 1910 el Laboratorio de Investigaciones Físicas, instalado en locales cedidos en el llamado Palacio de las Artes y la Industria, edificio situado al final del Paseo de la Castellana. No obstante, la provisionalidad y precariedad de la sede junto con la imposibilidad de crecimiento de los propios laboratorios al compartir el edificio con el Museo Nacional de Ciencias Naturales, también dependiente de la Junta, la Escuela Superior de Ingenieros Industriales e, incluso, un cuartel de la guardia civil, hacían necesario y urgente la construcción de un moderno edificio de laboratorios de acuerdo a los más exigentes parámetros de funcionalidad.

No sería hasta el 24 de enero de 1927 el día en que finalizaron con éxito una serie de contactos entre la International Education Board de la Fundación Rockefeller y el Gobierno del general Miguel Primo de Rivera, cuando la Junta para Ampliación de Estudios dispuso de los fondos necesarios para la construcción del edificio de cuya inauguración se cumplen ahora setenta y cinco años. Como estudió detalladamente el profesor Thomas F. Glick (1988: 281-300), los contactos se habían iniciado en 1919 por el secretario de la Junta, José Castillejo. Así, en 1924 Castillejo apunta por primera vez entre las formulaciones hechas a Wycliffe Rose, director del General Education Board de la Fundación Rockefeller, la idea de construir un instituto de investigación en Física y Química. Finalmente, y después de un laborioso proceso, la Junta, todavía en tiempos de la dictadura de Primo de Rivera, recibía de la International Education Board los fondos necesarios para la construcción de un moderno instituto de investigaciones para Física y Química.

El día 6 de abril de 1927 la *Gaceta de Madrid* publicaba la convocatoria de un concurso entre arquitectos españoles para la presentación de proyectos y elección del que habría de servir de base para la construcción de un edificio destinado a Instituto de Física y Química, costeado por la International Education Board de la Fundación Rockefeller. Las bases generales del concurso establecían una serie de consideraciones sobre las que merece la pena detenerse. En primer lugar, fijaban su localización:

«Se levantará en Madrid, en la parte central (buscando el alejamiento de las líneas de tranvías) de un gran solar situado en los Altos de Maudes, detrás de la Residencia de Estudiantes».

Después, entraban en consideraciones de orientación:

«Una orientación determinado del edificio no es esencial, aunque sí debe tenerse en cuenta la más favorable, según el clima de Madrid y la disposición de las construcciones próximas»;

de forma arquitectónica:

«El edificio será unitario, pero pudiendo considerarse como uno de los dos pabellones».

nes de que podrá constar el instituto, en caso de posible ampliación. La forma en planta se deja al criterio de los arquitectos concursantes, aunque los profesores que han intervenido en la redacción de estas bases, recomiendan la forma en U como más conveniente»;

de superficie:

«La superficie edificada o cubierta será de 1.200 metros cuadrados aproximadamente, sin comprender un pequeño pabellón independiente, destinado a sala de máquinas y talleres»;

sobre el número de plantas: tres, y un programa básico:

«Laboratorios y locales anejos de Física, distribuidos en la planta primera; locales y laboratorios de Química, distribuidos entre las plantas segunda y tercera; servicios generales y comunes, distribuidos entre ambas plantas (segunda y tercera), y el pabellón independiente».



Lacasa (colección
Salvador Guerrero)

Se presentaron siete arquitectos o equipos de arquitectos: Miguel de los Santos y Agustín Aguirre, Pedro Benavent, Manuel Martínez Chumillas, Benito Guitart, Francisco Iñiguez, Carlos López Romero y, finalmente, el equipo formado por Luis Lacasa y Manuel Sánchez Arcas, que resultaron elegidos finalmente ganadores y construirían el edificio sede del Instituto Nacional de Física y Química. Conocemos todos los anteproyectos presentados («Concurso de anteproyectos...», 1928: 8-21), que se sitúan dentro de un clasicismo académico más o menos depurado o modernizado. Analizados desde hoy y con la perspectiva que da el tiempo, el jurado acertó en su elección. El anteproyecto de los arquitectos ganadores era contenido y racional en su planteamiento, al mismo tiempo tenía unos atributos de orden y monumentalidad moderna que se ajustaban al carácter de arquitectura institucional que un centro de estas características requería.

La historiografía de la arquitectura española del primer tercio del siglo XX ha señalado el significativo lugar que tuvo este concurso y como el mismo supuso la aparición pública de algunos nombres relevantes por su papel renovador en el panorama de la arquitectura madrileña de los años treinta. Me refiero a los nombres de Miguel de los Santos, Agustín Aguirre, Luis Lacasa y Manuel Sánchez Arcas. Los cuatro estarán presentes en el Oficina Técnica de la Junta Constructora de la Ciudad Universitaria de Madrid dirigida por Modesto López Otero, a partir de su participación en este concurso. Desde esta oficina De los Santos realizaría las facultades de Ciencias, Aguirre la Facultad de Filosofía y Letras, Lacasa las residencias de estudiantes, y Sánchez Arcas el llamado pabellón de Gobierno, el edificio de la central térmica y el Hospital Clínico.

Los arquitectos Luis Lacasa y Manuel Sánchez Arcas pertenecen a la citada generación del 25. Titulados respectivamente en 1921 y 1920, para el año 1927 los dos habían tenido un contacto de primera mano con las experiencias foráneas más interesantes del momento y ambos habían desplegado una significativa reflexión en el panorama de la crítica de arquitectura a través de las páginas de la revista *Arquitectura* durante la década de los veinte. Nos encontramos por tanto con dos profesionales bien informados de lo que ocurre, tanto dentro, como más allá de nuestras fronteras, y es desde este excepcional bagaje a partir del que cabe analizar su propuesta para el concurso y el posterior edificio construido.

Una síntesis biográfica del arquitecto Luis Lacasa puede encontrarse en Lacasa (1976), edición con una introducción de Carlos Sambricio (1976). De ahí entresacamos los hechos más destacados de su trayectoria. Nacido en Ribadesella en 1899, realizó los tres primeros cursos de arquitectura en Barcelona. En 1918 se trasladó junto con su familia a Madrid, donde terminó sus estudios en 1921 junto a otros nombres como Manuel Arnal Rojas, Fernando García Mercadal o Enrique Colás. En este mismo año viajó a Alemania para ampliar sus conocimientos sobre la técnica del hormigón armado, pero terminó especializándose en urbanismo en la Oficina de Urbanización de Dresde, en la que trabajó hasta 1923. Durante su estancia en ese país tiene la oportunidad de conocer a fondo el urbanismo y la arquitectura alemana, inglesa y francesa, además de visitar la Bauhaus. Tras su vuelta a España en 1923, Lacasa se da rápidamente a conocer gracias a las múlti-

ples conferencias que imparte sobre el urbanismo alemán, a sus artículos publicados en la revista *Arquitectura* (en la que forma parte del comité de redacción a partir de 1924) y a los numerosos concursos de arquitectura y urbanismo que gana, como el de la Fundación Rockefeller (1927-1932), junto a Sánchez Arcas; el del Hospital Provincial de Logroño (1929); el del Hospital Provincial de Toledo (1926-1931), junto a Sánchez Arcas y Francisco Solana; el de pueblos en los márgenes regables del Guadalquivir (1934), en colaboración con Jesús Martí Martín, Santiago Esteban de la Mora y Eduardo Torroja; o el del plan de extensión de Logroño (1935). Formó parte del grupo que organiza en 1925 el XI Congreso Nacional de Arquitectura y I de Urbanismo, que tuvieron lugar un año después, y en 1930 participó en la creación del Colegio de Arquitectos de Madrid. Trabajó en la Oficina Técnica de la Ciudad Universitaria desde 1927, y dirigió y organizó la Oficina de Urbanización del Ayuntamiento de Madrid a partir de 1931. En la Ciudad Universitaria, además de sus trabajos de planeamiento urbano, proyectó



Sánchez Arcas (colección
Salvador Guerrero)

y dirigió las obras de los campos de deporte (1930) y de un grupo de residencias de estudiantes (1935). En la Oficina de Urbanización del Ayuntamiento de Madrid colaboró en diversos proyectos para esta ciudad, como el proyecto de extensión (1931), junto a Colás y De la Mora, y el proyecto de reforma interior (1933). Fue amigo de Federico García Lorca, quien le dedicó un poema del ciclo «Tierra y Luna» del libro *Poeta en Nueva York*; de Luis Buñuel y otros amigos de la Residencia de Estudiantes, con quienes fundó la Orden de los Caballeros de Toledo; de Alberto Sánchez, de quien sería autor de una magnífica monografía escrita durante el exilio ruso de ambos (Sánchez, 1975), y de otros destacados miembros de las vanguardias artísticas y literarias españolas. Fue miembro fundador de la Alianza de Intelectuales Antifascistas para la Defensa de la Cultura. Realizó, junto con Josep Lluís Sert, el pabellón de España en la Exposición de París de 1937 representando a la Segunda República. Volvió a España en 1938, pero un año más tarde se vio obligado al exilio, trasladándose a Moscú, donde trabajó como arquitecto en la Academia de Arquitectura de la URSS hasta 1954, salvo el período que va desde 1941 a 1943, en que fue evacuado a los Urales. Entre 1954 y 1960 viajó a China con su familia para hacerse cargo de la sección española de la Editorial en Lenguas Extranjeras. Tras un corto viaje a España en 1960, regresó de nuevo a Moscú, donde trabajó en el Instituto de Historia del Arte de la Academia de Ciencias, realizando varios trabajos sobre arquitectura contemporánea de occidente hasta su muerte en 1966.

Sobre Manuel Sánchez Arcas hay un libro editado por Carlos Sambricio (2003). El arquitecto nació en 1897 y se tituló por la Escuela de Arquitectura de Madrid en 1920. Amplió estudios en Londres y a su vuelta a España trabajó en el despacho de Secundino Zuazo Ugalde. Como Luis Lacasa, fue vocal de la revista *Arquitectura*, editada por la Sociedad Central de Arquitectos. A partir de 1925 realiza sus primeros trabajos profesionales propios en colaboración con Arnal Rojas, con quien se presenta a los concursos para la sede de Tabacalera en Madrid y para el Hospital Español de México, finalizado en 1930. Formó parte de la Oficina Técnica de la Ciudad Universitaria de Madrid, donde construyó el pabellón de Gobierno, la central térmica y el Hospital Clínico. En la Exposición Iberoamericana de Sevilla de 1929 fue autor, junto con Baltasar Hernández Briz y Ovidio Botella, del pabellón de Castilla la Nueva. Con Lacasa y Solana proyectó y construyó el Hospital Provincial de Toledo, acabado en 1931. Ese mismo año firmó el manifiesto de la Sociedad de Artistas Ibéricos. En 1929 ganó el concurso, luego no realizado, para un hospital en Logroño. Construyó en 1932, en colaboración con Manuel Vías, unas escuelas en la localidad de Recas, de la comarca toledana de La Sagra, que merecieron su publicación en la revista *AC*, del Grupo de Artistas y Técnicos Españoles para la Arquitectura Contemporánea (GATEPAC). En 1933 participó en el concurso para un hospital en San Sebastián en colaboración con los miembros del GATEPAC, José Manuel Aizpurúa, Joaquín Labayen y Eduardo Lagarde, en el que quedaron en segundo lugar, lo que provocó una sonada polémica en los medios profesionales. En 1934 proyectó el mercado de abastos de Algeciras con el ingeniero Eduardo Torroja, estrecho colaborador del arquitecto en esos años y con quien fundó el Instituto Técnico de la Construcción y Edificación y la revista *Hormigón y Acero*. En 1935 proyectó el Hotel Condestable de Burgos junto con

Marcos Rico, quien lo terminaría en la postguerra. Es también autor de un proyecto de Facultad de Ciencias para la Universidad de Oviedo. Para la Junta para Ampliación de Estudios realizó diversos trabajos, además de la realización del Instituto Nacional de Física y Química, como la Estación de Biología Alpina del Guadarrama, en la sierra del mismo nombre, y el proyecto para la sede del Centro de Estudios Históricos y de la propia Junta en la Colina de los Chopos. Militante, al igual que su colega Lacasa, del Partido Comunista de España, durante la Guerra Civil ocupó puestos relevantes para el Gobierno de la Segunda República, lo que le obligó al exilio en Polonia y provocó su inhabilitación perpetua por parte de los vencedores. Allí fue embajador de la República, a la par que trabajó como técnico en los trabajos de reconstrucción de Varsovia. Posteriormente se trasladó a Berlín, en la República Democrática Alemana, donde publicó dos trabajos: *Form und bauweise der schalen* (1961) y *Stadt und verkehr* (1968). Murió en Berlín el día 5 de febrero de 1970.

Fernando Chueca Goitica (2001: 2, 801-802) dio en su *Historia de la arquitectura española* un juicio certero y sintético sobre la trayectoria del arquitecto que merece la pena transcribir:

«Sánchez Arcas fue uno de los arquitectos más inteligentes y mejor preparados de esta generación de 1925. En plena juventud ya tenía un grupo de seguidores entre los arquitectos que terminaron la carrera de 1930 a 1935. Su autoridad y su magisterio eran indiscutibles y seguramente hubiera creado escuela si las dramáticas circunstancias de la guerra no hubieran truncado su vida. Hombre de exterior frío, de conducta metódica y de mente objetiva y científica, guardaba una vehemencia y ardor interiores —no faltos de dogmatismo— que le hicieron tomar en la guerra posiciones muy radicalizadas. Su marxismo combativo le llevó a dirigir toda la propaganda y acción cultural del Quinto Regimiento y a ocupar al final de la guerra puestos gubernamentales de máxima responsabilidad. El político acabó con el arquitecto. Pasó su vida en el destierro, Rusia y Polonia principalmente, y sus cargos diplomáticos no endulzarían su soledad e inactividad».

En los análisis de la obra de Sánchez Arcas y Lacasa se ha puesto de manifiesto el papel que tanto ellos como sus compañeros generacionales —Rafael Blanco Soler, Fernando García Mercadal, Rafael Bergamín, Carlos Arniches y Martín Domínguez, Casto Fernández-Shaw, etc.— tuvieron en la reflexión y el debate sobre la Arquitectura y la ciudad moderna en España. A través de edificios como el de la mencionada central térmica de la Ciudad Universitaria de Madrid, o de los proyectos y edificios para hospitales, como el Clínico de Madrid o el no construido en San Sebastián, se ha puesto el acento en valores tan asimilables a la ortodoxia moderna de la nueva objetividad alemana como son los de economía, higiene, igualdad, etc., materializados en la ausencia de ornamento, la funcionalidad, la repetición por seriación, o la simplicidad volumétrica, todos ellos presentes, en mayor o menor medida, en su arquitectura. Sin embargo, los análisis que se han llevado a cabo de su obra han dejado de lado valores como la representación y el orden, afines a la tradición clásica, bien presentes en algunos de sus proyectos de los años treinta.

Para valorar estas cuestiones en la cultura arquitectónica de su tiempo y en el edificio que nos ocupa habría que empezar mencionando algunos aspectos

de sus trayectorias como su vinculación en Madrid al grupo de arquitectos que están en la órbita del magisterio fecundo de Secundino Zuazo, en cuyo estudio sabemos trabajó Sánchez Arcas entre 1924 y 1926. En este período Zuazo está trabajando, entre otros proyectos, en el Palacio de la Música de la Gran Vía madrileña. La profesora Lilia Maure Rubio (1987) ha señalado el carácter de «instrumento ejemplificador» del edificio y lo que en éste significa la alternativa clasicista como disciplina, en tanto que proporcionadora de orden y estructura. La lección aprendida por el joven Sánchez Arcas —significativamente próxima pero diferente a la vez a la recibida por otros discípulos de Zuazo, como fueron los arquitectos Arniches y Domínguez— puede rastrearse en diferentes proyectos suyos, sin ir más lejos en el Instituto Nacional de Física y Química que ahora nos ocupa, como luego veremos.

Por otra parte y por lo que respecta a la cultura foránea recibida en Madrid, el modo más directo de su conocimiento fue el proporcionado por las estancias en el extranjero de los jóvenes arquitectos españoles. La generación a la que pertenecen Sánchez Arcas y Lacasa sale masivamente a conocer otras latitudes culturales, diferentes a las que habían interesado a las generaciones anteriores, vinculadas casi siempre a la cultura clásica aprendida en Roma y a la moderna centroeuropea con epicentro en Viena.



Vista de la Ciudad Universitaria de Madrid hacia 1940 (imagen del libro de Ibáñez Martín, 1950)

Luis Lacasa pasó varios años en Alemania después de su titulación, donde llegó a conocer la singular experiencia de la Bauhaus de Weimar, pero sobre todo, lo que fue determinante en su posterior carrera fue su trabajo en la Oficina de Urbanización del Ayuntamiento de Dresde dirigida por Paul Wolf. Por su parte, Manuel Sánchez Arcas pasó por Inglaterra para estudiar urbanismo y arquitectura médica y hospitalaria en Londres. Allí asistió a los cursos de Robert Atkinson en la Architectural Association, como ha analizado José Ramón Alonso Pereira (2000: 220) al estudiar las relaciones entre la cultura arquitectónica española e inglesa. Esta estancia va a ser fundamental a la hora de valorar el trabajo de Sánchez Arcas al volver a su país en 1923, que quiere ser considerado, antes de todo, como «un arquitecto de buenas maneras».

Y buenas maneras es lo que va a encontrar también en su posterior viaje a Holanda, del que dio cumplida cuenta a través de las páginas de *Arquitectura*, revista de la que fue uno de los principales impulsores. En las «Notas de un viaje

por Holanda», publicado en marzo de 1926, nuestro arquitecto da noticias del viaje que ha realizado —después de pasar por la Exposición de Artes Decorativas de París de 1925— por las ciudades de Amsterdam, Rotterdam y Hilversum unos meses antes. Sánchez Arcas parte, en su análisis de la arquitectura holandesa, de los tipos y elementos válidos de la tradición:

«Tipos que son antecedentes remotos de algunas edificaciones actuales e inmediatos de otras. Estos estilos, fácilmente adaptables a las exigencias modernas económicas de agrupación y empleo de materiales, producen, al estilizarlos, una arquitectura que podemos llamar tradicionalista y que produce algunos ejemplos modernos con toda la distinción de sus predecesores» (Sánchez Arcas, 1926),

y recorre, en la selección de edificios fotografiados con su propia cámara, el camino que aúna tradición y modernidad, el camino que va desde Berlage hasta la producción del grupo Wendingen.

Un tercer viaje a Estados Unidos va a completar este rico panorama. Hoy sabemos con precisión lo significativo y provechoso que para la cultura arquitectónica madrileña fue el viaje que realizaron en 1927 por varias universidades americanas un grupo de arquitectos y asesores del proyecto de la Ciudad Universitaria de Madrid con el fin de recabar ideas para este incipiente proyecto. En la comitiva, encabezada por Modesto López Otero, se encontraban Manuel Sánchez Arcas, Miguel de los Santos, Rafael Bergamín, etc. Nueva York sería la primera etapa de un viaje de dos meses en el que recorrieron New Haven, Boston, Montreal, Toronto, Chicago, Ann Arbor, Rochester, Washington, Baltimore, Princeton y, otra vez, Nueva York, para embarcar de vuelta a España pasando por Inglaterra, donde visitaron las principales universidades británicas, con especial atención a la de Londres. Manuel Sánchez Arcas (1929) publicará a la vuelta de ese viaje un artículo dedicado a la Central Médica de Nueva York. Desde entonces nuestro arquitecto quedó fascinado por las formas de la cultura americana.

Este interés de los arquitectos españoles, y de los europeos en general, por la cultura arquitectónica americana, «la tentación de América», como lo ha denominado con fortuna la historiografía más reciente, ha proporcionado no pocos lugares e ideas constructores de la modernidad. América como patria de la industria, el taylorismo y la organización científica del trabajo, han sido algunas premisas presentes en el trabajo de los arquitectos europeos del momento, a las que no eran ajenos Sánchez Arcas y Lacasa.

A este respecto, conviene releer el texto de la conferencia «Europa y América: bajo y sobre el racionalismo de la arquitectura», publicado por Lacasa (1976: 132-149), donde podemos encontrar algunas ideas presentes en su trabajo:

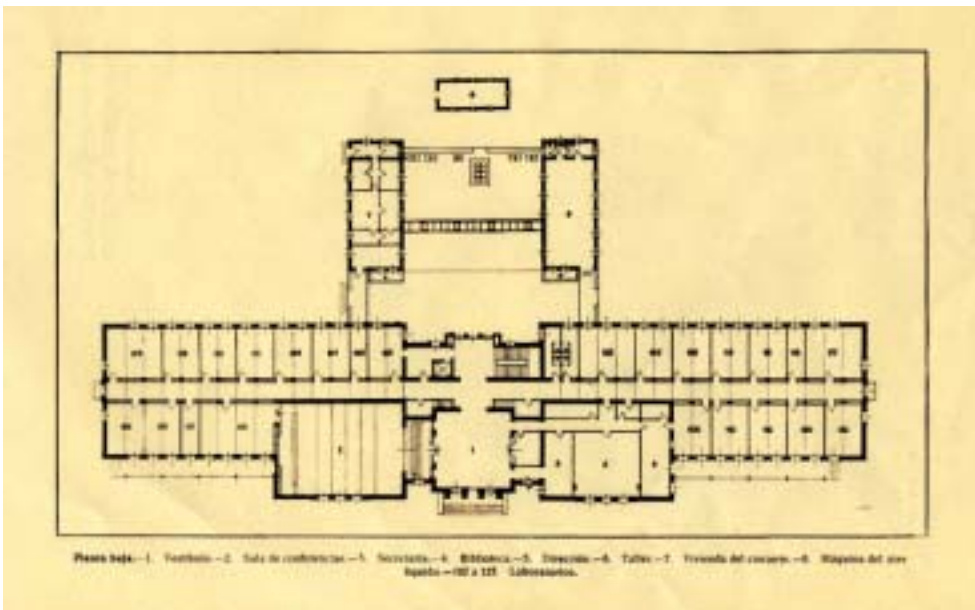
«Yo creo que la principal virtud de los americanos (heredada de los ingleses) es la de tener un claro sentido de los valores prácticos, no en el sentido ramplón y burgués que en España se da a esta palabra, sino en su sentido trascendente, es decir práctico, en armonía con la realidad y libre de prejuicios y de dogmas».

Es precisamente en este texto donde Lacasa va a analizar como una aportación americana el concepto de *unit system* —sistema de las unidades o de los módulos— y su aplicación en un proyecto suyo:

«Se trata del Instituto de Física y Química costado por la Fundación Rockefeller Junior y cuya construcción va a empezarse en Madrid antes de un mes [...]. Las dos ciencias antes citadas tienen exigencias variables, pero la Química (que en el Instituto *Rockefeller* comprende dos plantas), dentro de las distintas modalidades de sus trabajos, tiene un elemento fundamental que es la mesa de trabajo. Todos habréis entrado en un laboratorio y habréis visto unas mesas con sus estantes de frascos de reactivos; pues bien, estas mesas, que tienen dimensiones variables, pueden llegar a definirse en su magnitud después de establecer las relaciones entre los distintos ejemplos realizados, de tal modo que dé lugar a unas dimensiones que puedan servir de tipo.

Mucho se simplifica la cuestión en nuestro caso si se tiene en cuenta que se trata de laboratorios de investigación, porque los de enseñanza tienen otras necesidades, aunque a su vez podrían reducirse a los tipos correspondientes.

Un vez obtenida la mesa de trabajo de dos plazas (que, según nuestra solución, es de 3 x 1,60 x 0,80), tenemos ya la célula del organismo, y del mismo modo que el buen urbanista debe partir de la unidad de vivienda unifamiliar para establecer la gradación de las densidades de una ciudad, teniendo dimensionada la mesa de trabajo, por grados sucesivos que voy a detallar, puede componerse el conjunto del instituto».



Plano del edificio Rockefeller (IQFR)

Lacasa analiza pormenorizadamente el proceso sucesivo de composición del edificio a través del sistema de unidades, un sistema que tiene entre sus cualidades la simplificación de la construcción y la posibilidad de adaptación a cambios futuros, y que considerará «de trayectoria racionalista, del racionalismo de dentro afuera, y no del europeo de fuera adentro».

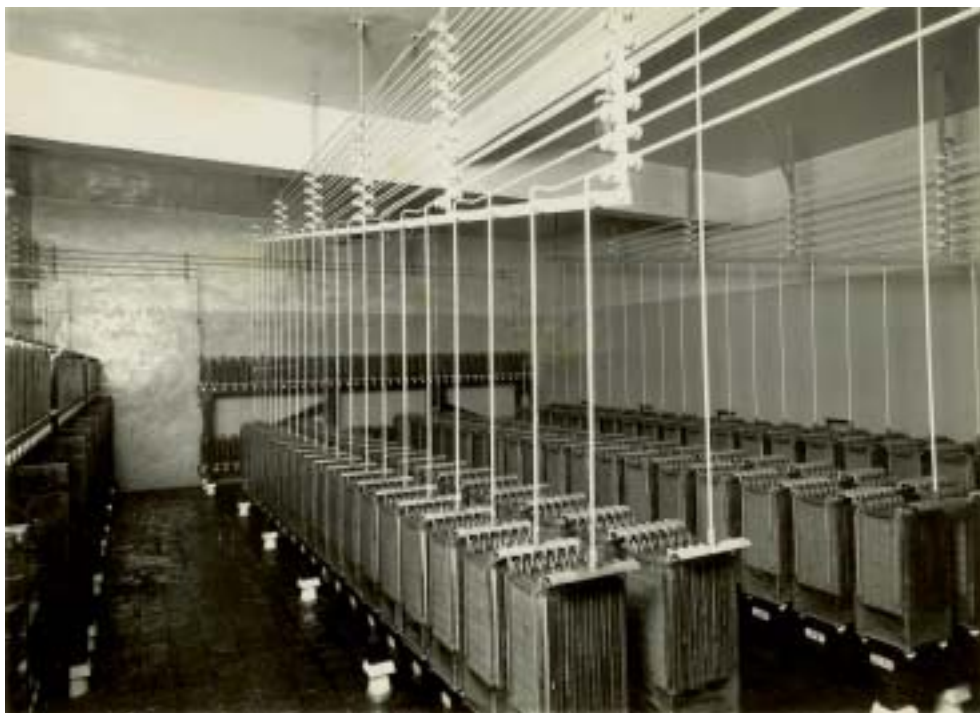
Lo que no explica Lacasa en este razonamiento es porqué el edificio se resuelve con una planta simétrica y adopta mecanismos compositivos de tipo académico, como ha señalado el profesor Juan Antonio Cortés (1991). Tampoco

explica, y es preciso constatarlo a la vista de los documentos gráficos conservados, los cambios introducidos en el anteproyecto al redactar el proyecto definitivo a partir del cual se construirá el edificio. Mientras que en el proyecto inicial las plantas primera y segunda sólo presentan crujía de laboratorios en su lado norte, la solución construida unifica todas las plantas con un mismo esquema de pasillo central y crujías a ambos lados; por otra parte, la disposición perpendicular de las piezas del salón de actos y de la biblioteca, al igual que la escalera, presente en el anteproyecto, se cambia por una disposición longitudinal que refuerza el carácter de bloque lineal, al que también contribuye la sistematización y estandarización a la que se someten tanto los huecos como su distribución en los paños de las fachadas de ladrillo visto. Si hay una permanencia tanto en el anteproyecto como en la solución definitiva es la que se refiere al alzado principal de la parte central del edificio, con la presencia de las ventanas estrechas y alargadas con remate de arco de medio punto y del pórtico clásico. La lectura de la memoria del proyecto definitivo nos ha permitido saber que todos estos cambios fueron sometidos a los juicios de una comisión técnica formada por los profesores Blas Cabrera, Enrique Moles, Julio Palacios y Miguel Catalán, «que han prestado la más eficaz ayuda para facilitarnos este estudio», como nos refieren los arquitectos.

El edificio finalmente construido, de fábrica de ladrillo visto —«una tradición nacional entonces renovada por la vanguardia», en palabras del profesor Bonet Correa (1983: 72)—, presenta una ordenación en planta según una disposición lineal con un cuerpo central en el que se alojan el programa público y representativo del instituto, que corresponde al vestíbulo, salón de actos, biblioteca, escalera, etc., y dos alas de laboratorios dispuestas en la dirección este-oeste. A ello hay que añadir, en la fachada posterior, dos pabellones bajos y con disposición perpendicular a la ordenación de edificio principal que acogen la sala de máquinas, talleres y la vivienda del conserje.

Su construcción se estructura según un sistema modular —formado por unidades cuya dimensión, de 2,25 x 6,00 metros, está definida a partir de la mesa de trabajo— que se aplica con todo rigor en las zonas del edificio destinadas a laboratorios. Por tanto, la estructura del edificio que se define es un entramado de hormigón armado, donde tanto en la línea de la fachada como en el pasillo central se disponen unos pilares de hormigón distanciados 4,50 metros, logrando así eliminar cargas de los muros y hacer que los tabiques de separación de los laboratorios sean independientes de la estructura y tener el tamaño requerido según las necesidades funcionales establecidas para cada una de las salas de laboratorios. Además, el edificio está construido con dos juntas de dilatación dispuestas en una posición tal que no permiten que se transmitan las vibraciones procedentes de la sala de máquinas y de los ascensores a las áreas de laboratorios con la consiguiente pérdida de las óptimas condiciones necesarias para un buen desarrollo de los experimentos científicos. A esto hay que añadir la utilización de revestimientos de placas de corcho en la separación de tabiques para eliminar ruidos y un acondicionamiento térmico adecuado.

Por lo que respecta a las instalaciones de agua, gas, aire, electricidad, calefacción y de protección contraincendios y de su importancia en un edificio de



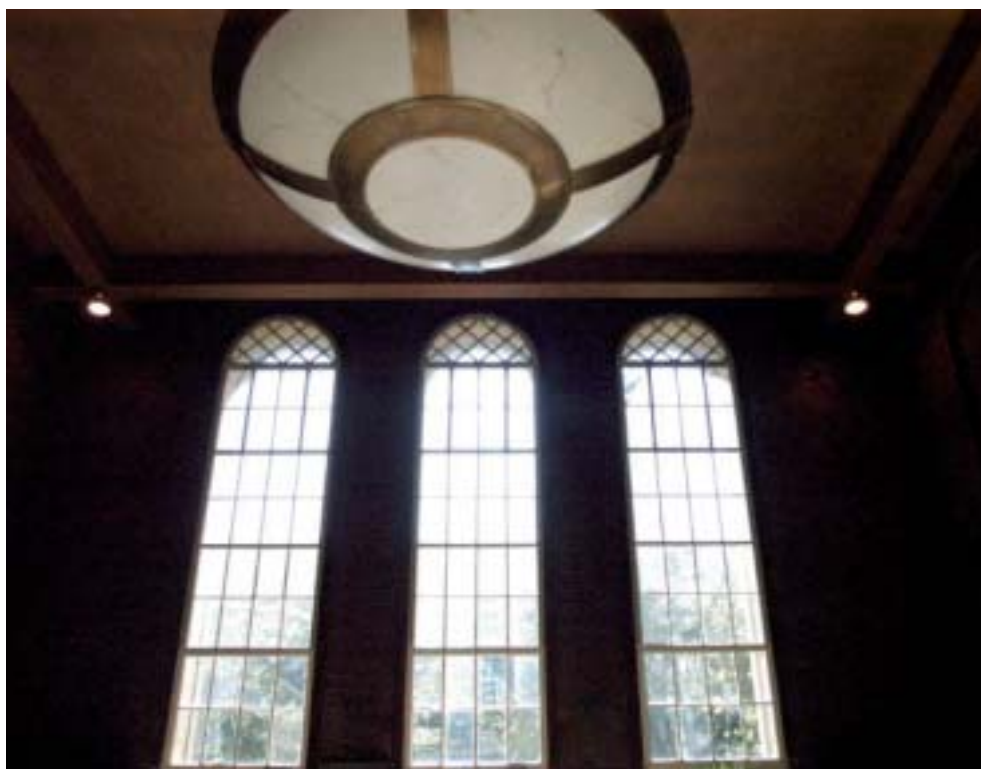
Sala de máquinas del edificio Rockefeller (IQFR)

estas características nos da cumplida cuenta la memoria del proyecto. Por nuestra parte, podemos observar la atención prestada en el edificio construido a la situación de las canalizaciones por la que discurren las instalaciones, ya sea en las bandejas suspendidas del techo de los pasillos de acceso a los laboratorios, ya sea en el doble muro de los pasillos, formado por un recubrimiento de chapa ondulada de hierro por cuyo espacio interior discurren diversas instalaciones y que permite un fácil registro para la tareas de conservación y mantenimiento. Por lo que respecta a la iluminación natural, se define a partir de una superficie de iluminación de las ventanas que es la sexta parte de la superficie de la planta del laboratorio y se materializa en un hueco con una cuidada carpintería de perfilera metálica, que se repite de manera sistemática en los alzados de las dos alas de los laboratorios.

Construcción estandarizada y presencia de la industria a través de los materiales, a la que hay que añadir la retórica proporcionada por el orden clásico de la fachada principal del edificio. Un elemento singular, cuando no sorprendente, que Luis Lacasa (1976) justificaba, ya antes de su construcción, como una concesión al patrocinio norteamericano de la Fundación Rockefeller:

«Solamente en la portada hicimos un concesión, que creo es de poca monta, aunque confieso es innecesaria. Se proyectó un orden alargado, del estilo llamado colonial norteamericano, y se hizo así pensando en que Rockefeller, que prohíbe que su nombre figure en sus donaciones, tuviera un recuerdo, aunque fuera mudo».

Este elemento hay que relacionarlo directamente con la arquitectura neopalladiana de los campus universitarios norteamericanos, conocidos de primera



Vestibulo del edificio Rockefeller, con sus grandes ventanales centrales (Xiomara Cantera, SPCSIC)

mano por Sánchez Arcas a través del mencionado viaje que realiza como miembro de la comisión técnica de las obras de la Ciudad Universitaria de Madrid.

Si analizamos otro proyecto de la misma época, el pabellón de la Junta Constructora de la Ciudad Universitaria de Madrid (1930-1931), nuevamente vuelve aparecer como tema dominante en su composición planimétrica la simetría de la planta junto a la frontalidad clásica del acceso, con independencia de que el propio Sánchez Arcas justifique esa disposición a partir de rigurosos estudios de iluminación natural de las oficinas, y donde la referencia señalada procede de la planta de un edificio para los ferrocarriles eléctricos de Londres. Una impronta clasicista que también puede observarse en la organización del alzado del edificio según la concepción clásica de base, desarrollo y cornisa.

Las referencias vuelven a ser las mismas en el proyecto, finalmente no construido, de edificio para sede de la Junta para Ampliación de Estudios y Centro de Estudios Históricos (Guerrero, 2003: 203-209), realizado en 1935 junto con Jesús Martí Martín. Situado en la fachada pública del conjunto de la Colina de los Chopos a la calle Serrano (ver el trabajo pionero de Capitel, 1983. 18-21, y los más recientes de Guerrero, 2007a y b), este edificio acogía tanto el programa administrativo de la Junta, básicamente despachos y oficinas, como el más complejo del Centro de Estudios Históricos, compuesto por despachos, seminarios, laboratorios de fonética y de arte, aulas, etc., además de la biblioteca y el depósito de libros y archivo. Ambos habían estado ocupando locales provisionales y no adecuados para la actividad científica, situados en lugares alejados del ámbito

urbano que la Junta había escogido para sus centros, un lugar que mediada la década de los treinta era ya emblemático entre los espacios urbanos dedicados a la enseñanza, la investigación y la cultura en España; a este respecto no habría que olvidar las palabras que Bernardo Giner de los Ríos (1952: 60) dedicaría al conjunto en su ya clásica obra *Cincuenta años de arquitectura española*: «allí radicaba uno de los núcleos de tipo intelectual y moral de más categoría que ha tenido España».

La fecha de este proyecto, el año 1935, es aquí un dato importante a la hora de valorar su significado en la carrera de Sánchez Arcas antes de su exilio. Si lo comparamos con el Instituto Nacional de Física y Química, observamos la utilización en ambos de los órdenes clásicos, las esbeltas columnas de uno y el orden jónico apilastrado del otro. Esta repetición de un motivo en dos proyectos alejados unos años cruciales en el desarrollo de la arquitectura moderna, pero también en esa vuelta o retorno al orden tan característica de los años treinta,



Parte superior del pórtico,
columnas y arcos del
edificio *Rockefeller*
(Jaime López de la Osa)

nos hace dudar de las palabras de Lacasa cuando se refería a la presencia en el edificio *Rockefeller* del orden alargado de inspiración neocolonial norteamericana como de una «concesión innecesaria». ¿Qué anima a Sánchez Arcas a incorporar de nuevo los ordenes clásicos en este segundo proyecto para la Junta?

Estos proyectos estarían en la misma línea de las arquitecturas docentes de la Ciudad Universitaria de Madrid, impulsadas por la Segunda República sobre el proyecto inicial auspiciado por la Monarquía —el edificio de la Escuela de Arquitectura, obra de Pascual Bravo, con la presencia del pórtico jónico api-lastrado podría ser un buen compañero de viaje—. También en la línea de la arquitectura concebida para la propia Administración central, como es el caso del conjunto de los Nuevos Ministerios, proyectado por Secundino Zuazo en 1933, con la clara y expresa referencia en El Escorial. Pero no solamente en ellos, también en proyectos que no pasaron del papel y que llenan las páginas de la revista *Arquitectura* de esos años, algunos de ellos en los que participaría el propio Sánchez Arcas, como el Concurso Nacional de Arquitectura del año 1934, convocado con el tema de un Museo del Coche y del Arte Popular, y que proporciona nuevo material con el que argumentar la presencia del legado clásico en la arquitectura española de los años treinta.

En efecto, como ha señalado en varias ocasiones el profesor Carlos Sambricio (2003), la influencia de Paul Bonatz o Heinrich Tessenow había supuesto para la arquitectura madrileña la puesta en marcha de toda una serie de estudios sobre el clasicismo que conviven paralelamente a los estudios racionalistas o funcionalistas. Tanto la arquitectura herreriana como la propuesta neoclásica son objeto de estudio por parte de Secundino Zuazo, Agustín Ruiz Arcaute, Rafael Blanco Soler, Francisco Íñiguez, etc. proporcionando un elemento de reflexión y debate al que no es ajena la arquitectura que se hace en esos años, como venimos analizando.

Se ha señalado como, coincidiendo con el final de la dictadura primorriverista, en torno a 1930, se produce un quiebro en el debate arquitectónico madrileño, que se hace presente, incluso anticipador, en el edificio del Instituto Nacional de Física y Química. Si se analizan los proyectos y encargos en los que trabajan los arquitectos en la década de los treinta, hay una voluntad política por definir un conjunto de equipamientos para la ciudad, donde el Estado y sus distintas administraciones van a ser los clientes por excelencia de esta generación de arquitectos. Y es en muchos de estos equipamientos, en tanto que definen una arquitectura de Estado, es decir, una arquitectura oficial que tiene que representar a las instituciones de la Segunda República y su renovador programa político, donde se requirió del lenguaje clásico. En este sentido, Kenneth Frampton (1981) ha señalado en su *Historia crítica de la arquitectura moderna* la insatisfacción que el Estado y el poder encontraron durante los años veinte y treinta en la arquitectura moderna. En efecto, la abstracción a la que se llega en ella por la reducción de las formas ha planteado una falta de adecuación iconográfica en la arquitectura representativa y oficial; ello ha hecho que el proyecto clásico haya encontrado diversas líneas de desarrollo en la arquitectura moderna.

Si habitualmente ha prevalecido en el análisis de la arquitectura de Sánchez Arcas y Lacasa una apuesta por el valor de la función, su arquitectura aboga, en

nuestra opinión, por una vía de conciliación entre funcionalismo y racionalismo, tal y como plantea Adolf Behne en las siguientes palabras extraídas de su texto *Der moderne zweckbau* —en traducción española, *La construcción funcional moderna*—:

«Nos parece que toda construcción comporta el carácter de un compromiso: entre la finalidad y la forma, entre el individuo y la sociedad, entre la economía y la política, entre la dinámica y la estática, entre elocuencia y uniformidad, entre cuerpo y espacio, y que el estilo no es otra cosa que la versión concreta, que en cada momento corresponde, de este compromiso».

Y es desde esta idea de compromiso, donde Manuel Sánchez Arcas y Luis Lacasa llevaron a cabo en la sede del Instituto Nacional de Física y Química, un edificio funcional en el sentido científico de la disciplina, a la vez que dotado de unos valores de decoro y dignidad en su arquitectura que se proyectan a la actividad que se desarrolla en su interior. En estos mismos términos fue la sobria e institucional ceremonia de inauguración celebrada el día 6 de febrero de 1932 con un acto presidido por el ministro de Instrucción Pública de la Segunda República, don Fernando de los Ríos, y acompañado por el director del centro, don Blas Cabrera, y los prestigiosos profesores Arnold Sommerfeld, Richard Willstätter, Pierre Weiss y Otto Hönigschmidt².



Fotografía tomada en la inauguración del edificio *Rockefeller*, 1932. En el centro, con barba, el ministro Fernando de los Ríos, a su derecha e izquierda Claudio Sánchez Albornoz y Blas Cabrera, director del centro, acompañados por otros investigadores del instituto y extranjeros (IQFR)

² Con motivo de la inauguración del edificio distintas revistas especializadas del ámbito de la arquitectura dan amplia información del mismo: Lacada y Sánchez Arcas (1932: 11); «El Instituto Nacional...» (1932: 37-38); «Instituto Nacional de Física...» (1932: 87-92). Ver, asimismo, «Aniversario de una inauguración...» (1933: 29-31).

Maqueta del campus de la JAE
(vestíbulo del edificio central
del CSIC. Tras el *Rockefeller* el
Instituto-Escuela, y a su izquierda
la Residencia de Estudiantes,
(fotografía de Pablo Linés,
DPCSIC)



Arquitectura, ciencia e ingeniería para el laboratorio del siglo XX

Wolfgang Schaeffner

DAAD-FADU-UBA.

Servicio de Intercambio Académico Alemán.

Cátedra Walter Gropius,

Universidad de Buenos Aires

Los edificios, generalmente, no juegan un papel importante en la historia de las ciencias. Sin embargo, un laboratorio como el Instituto Nacional de Física y Química no puede verse como un mero cuerpo espacial pasivo de hormigón armado y ladrillos, por el contrario, se trata de un medio arquitectónico imprescindible para la investigación y la experimentación. En efecto, en el contexto de la arquitectura de laboratorios de la primera mitad del siglo XX el Instituto *Rockefeller* representa un caso ejemplar. El proyecto y la construcción del edificio forman un proceso en el cual colaboraron de manera ideal los arquitectos Manuel Sánchez Arcas y Luis Lacasa, los científicos e ingenieros. Sólo a través de esta cooperación interdisciplinaria se concretó una materialización arquitectó-

nica de las prácticas físicas y químicas, una verdadera arquitectura del saber. El laboratorio, que desde el siglo XIX se transformó en el lugar más importante de la producción del saber científico, es un espacio que se define por una estructura flexible que permite adaptarse a los cambios imprevisibles de la investigación científica. Esa doble exigencia de los laboratorios modernos constituye un verdadero desafío para la arquitectura.

Cuando Sánchez Arcas y Lacasa ganaron el concurso para la construcción del Instituto Nacional de Ciencias Físicas y Químicas en 1927, el proyecto era totalmente diferente al edificio que se terminó en 1932. Los cambios fundamentales son, sobre todo, el resultado de un viaje en 1928, financiado por la Fundación Rockefeller, a algunos países europeos, momento en el que los dos arquitectos y los científicos Enrique Moles y Miguel A. Catalán visitaron los laboratorios científicos más avanzados. Berlín, sede de los institutos Kaiser Wilhelm de químicas y de electroquímicas, y Potsdam, con la Torre Einstein, fueron algunos de los lugares más importantes de su viaje. A través de la empresa Siemens, cuyos ingenieros proyectaron la instalación técnica, el proyecto del Instituto *Rockefeller* de Madrid obtiene un carácter hispano-alemán. A pesar de la fachada, que citaba la arquitectura universitaria americana como referencia visible a la Fundación Rockefeller, la estructura operativa del centro estuvo marcada por la tecnología alemana.

En un informe de la *Siemens-Zeitschrift* de 1934 se dice:

«Siemens & Halske entregó toda la instalación eléctrica para el Instituto Nacional de Física y Química de Madrid que recién había construido el gobierno español con dinero de la Fundación Rockefeller. Lo considerable es que el encargo para el diseño y la construcción de la instalación se recibió solo después de que la memoria de una comisión que había visitado varios países había manifestado la supremacía de las construcciones alemanas».



Plano del edificio *Rockefeller*.
Vista desde arriba (IQFR)

El informe también menciona la colaboración intensa de los ingenieros de Siemens con los arquitectos. Con la visita a diversos laboratorios los visitantes españoles pudieron familiarizarse con la técnica de laboratorios de Siemens. Seguramente visitaron también los Wernerwerke en Berlin Siemens-Stadt y su departamento de Construcción de Laboratorios y el Laboratorio de Técnicas de Medición, las secciones que recibieron finalmente el encargo para la realización del instituto español. Los laboratorios de Siemens donde se diseñaron laboratorios con los nuevos instrumentos de medición, las instalaciones de experimentación o las construcciones arquitectónicas pueden considerarse lugares de investigación y cooperación entre científicos, ingenieros y arquitectos. En la construcción de los laboratorios de Siemens en Berlín ya se habían aplicado todos los elementos y técnicas que conocemos en el Instituto *Rockefeller*: los mismos cuadros, las mismas máquinas, los acumuladores, las instalaciones para todo tipo de corrientes, etc.

Un laboratorio no es un objeto estático, sino una estructura espacial que puede ser codificada, funcionalizada u operada de diferentes maneras, entre las que se cuentan los modos de aislamiento frente a las vibraciones internas y externas, la luz, la temperatura o la radiación; la permeabilidad controlada en todos puntos del edificio para el uso de energías, agua, gas, luz, comunicación; las paredes y los techos que se transforman en espacios huecos. Eso define el valor paradigmático de la arquitectura de laboratorios y en concreto el del Instituto *Rockefeller* para la arquitectura del siglo XX.

Lacasa, el más teórico de los dos arquitectos, describió en un discurso de 1929 el carácter conceptual del proyecto. El proyecto toma como punto de inicio una unidad modular operativa:

«[De la] mesa de trabajo por grados sucesivos [...] puede componerse el conjunto del instituto [...]. Una vez conocidas las distintas necesidades de un laboratorio [...] puede establecerse la unidad estructural que sirve de base al sistema» (Lacasa, 1929).

Estas unidades permiten la construcción regular de una estructura espacial operativa a lo largo del pasillo central, donde cada unidad está conectada con la maquinaria técnica. En cualquier punto del edificio se puede acceder a las instalaciones de gas y agua, las diferentes corrientes eléctricas, las vidrieras y la ventilación, el aire de presión y la calefacción, pero también al sistema central de relojes y a la comunicación por teléfono. Estas instalaciones constituyen un elemento íntegro de la arquitectura operativa.

Una combinación tan elaborada de tecnología, instrumentos científicos y arquitectura no existía en el anteproyecto. Allí se cumplen solo las reglas básicas de la arquitectura de laboratorios, como la ubicación en una zona tranquila de la ciudad para evitar las perturbaciones desde fuera o la separación de la sala de máquinas del edificio del laboratorio. Pero también las máquinas del propio laboratorio se transforman en mayores factores de perturbación, sobre todo las grandes turbinas para la producción de la corriente eléctrica. El vestíbulo, la sala de conferencias con sus factores humanos de perturbación, y la sala de máquinas, ubicados en el centro, están apoyados en un fundamento separado y, de

tal manera, aislados de la estructura principal del edificio. Otros fundamentos en los sótanos debajo de los laboratorios permiten aislar dentro del edificio la posición de los instrumentos de precisión de las vibraciones de la construcción —un hecho importante para los laboratorios de Física, que por eso se situaron en la planta baja—.



Laboratorio del edificio
Rockefeller, 1932 (IQFR)

También el aislamiento térmico con placas de corcho cubre los muros externos. Los canales de las instalaciones atraviesan todo el edificio, que se transforma en un múltiple cuerpo hueco. Los canales para los cables, la ventilación, cuyos extractores en el desván sacan el aire de las vitrinas de tiro, situando en el sótano dos impulsores que reparten aire de presión a través de dos cámaras verticales a todos los pasillos para asegurar que, en el caso de un escape de gases peligrosos, estos no llegaran por dichos pasillos a todo el edificio, el cual constituye un sistema de aberturas y cierres, de conexiones y aislamientos que no están irreversiblemente fijos, sino que son cambiables, recombinables y reemplazables. De tal manera, las unidades estáticas del edificio se transforman en unidades dinámicas operativas. La estructura de hormigón armado, además, permite estructuras de techos largos, un número muy reducido de columnas y por eso el uso de tabiques sin carga que se pueden cambiar fácilmente.

La arquitectura, podría decirse, se vuelve, cada vez más, una estructura perforada. Como medio espacial organiza y controla todas las operaciones que definen la función específica de un edificio. Pero en el caso del laboratorio se trata aun de más: el hecho de que desde hace setenta y cinco años se realicen inves-

tigaciones en el mismo edificio significa nada menos que un modelo constante. El cambio más decisivo del Instituto *Rockefeller* fue sin duda que la sala de máquinas haya desaparecido como la fuente principal de perturbaciones de la construcción. Fue un cambio que reestructuró el proyecto fundamentalmente, y no sorprende que justamente en su lugar encontremos las nuevas tecnologías como la espectrografía de masa. Si al principio el laboratorio apareció dentro del marco del dispositivo de energía como central eléctrica, la época de la información cambió decisivamente el laboratorio. Mientras el procesamiento de datos se limitó antes a los libros de laboratorio, al escritorio y a la biblioteca, ahora los dispositivos de experimentación automatizada producen inmensas masas de información que hacen necesarias las nuevas formas de procesamiento. Paradigmáticamente, se podría decir, en las bandejas de los pasillos los cables de energía fueron remplazados por fibras ópticas para el flujo de información. El espacio arquitectónico se adaptó también a rupturas tan fundamentales de nuestro conocimiento.



Biblioteca del edificio *Rockefeller*,
1932 (IQFR)

Sólo cinco años después del instituto de Madrid se inauguró, en 1937, el Instituto Max Planck (el Instituto Kaiser Wilhelm de Investigación Física de Berlín). Este centro, con su director Albert Einstein, fundado en 1917, operó durante veinte años sin edificio y, como en el caso de Madrid, fue la ayuda de la Fundación Rockefeller la que, finalmente, permitió la construcción de éste. Otra vez Siemens diseñó la técnica del laboratorio. Los pasillos de Madrid y

Berlín con sus cuadros eléctricos apenas se distinguen. Si comparamos los dos edificios llama la atención que en el Berlín de 1936-1937, y en Alemania, no encontramos más de la arquitectura moderna. El Instituto Max Planck se construyó en el estilo de un chalet con una torre de cebolla; no podría ser más evidente la distancia y la supremacía de la arquitectura del instituto de Madrid.

Más aún, la Física, desde hace mucho tiempo, salió del edificio germano, algunas inscripciones y algunos cuadros eléctricos y conductos en el interior recuerdan que el actual Instituto de Ciencias Económicas de la Universidad Libre de Berlin antes albergaba un laboratorio. También la famosa Torre de Llamas (*Funkenturm*) sigue existiendo. Pero en el lugar donde, según el ejército alemán, se debería haber inventado la bomba atómica, hoy se almacenan actas y documentos de la Sociedad Kaiser Wilhelm. La Torre de Llamas es una torre archivo. En cambio, el Instituto *Rockefeller* de Madrid sigue existiendo como laboratorio e Instituto Rocasolano, donde se investiga, como en un departamento del de Estructura de la Materia, también el futuro del propio edificio.

Uno de los laboratorios de Química del Laboratorio de Investigaciones Físicas en la Facultad de Farmacia, Universidad Central de Madrid, que dirigían desde 1910 Antonio Madinaveitia, José Casares Gil y José Rodríguez Carracido (IQFR)



La Química en el edificio Rockefeller. Antonio Madinaveitia y Tabuyo (1890-1974), un gran químico que España perdió y México ganó¹

José Elguero
Instituto de Química Médica, CSIC

*«Castilla miserable, ayer dormida,
Envuelta en sus andrajos desprecia cuanto ignora»*
(Antonio Machado, «A orillas del Duero», 1912)

¹ Quiero agradecer su ayuda para la realización de este artículo a Alberto Ulises Acuña Fernández (Instituto de Química-Física Antonio de Gregorio Ricasolano, IQFR), Beatriz Albelda Esteban (biblioteca Centro de Química Orgánica Manuel Lora Tamayo), Luís Castedo Expósito (Universidad de Santiago de Compostela), Alicia Gómez Navarro (directora de la Residencia de Estudiantes), Leticia de las Heras Barruete (biblioteca de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales), Miguel Jiménez Aleixandre (biblioteca de la Residencia de Estudiantes), y Pilar Jiménez Sierra (IQFR).

El que estas líneas escribe no cree que la historia la determinen unos pocos personajes, aunque estos sean de la talla de los que trabajaban allá por los años treinta en el edificio *Rockefeller*. Ni entonces ni ahora se puede reducir la ciencia española a una serie de biografías de grandes científicos. Por muy prudente que se sea, una biografía de Cajal tenderá inevitablemente a disminuir el trabajo de todos aquellos que le rodeaban. No sólo por culpa del historiador si no también por culpa del biografiado cuyas memorias recuerdan la frase que pone en el dintel de la casa de Lope de Vega en Madrid, *parva propria magna, magna aliena parva*, es decir, lo pequeño propio (parece) grande, lo grande ajeno (parece) pequeño. Sin embargo, a esta exaltación inmerecida se contraponen, en muchos casos, un injusto olvido.

Entre los científicos activos al acabar la Guerra Civil se pueden distinguir cuatro categorías. 1. Aquellos que permanecieron en España y que se reincorporaron pronto a sus laboratorios, despachos, departamentos; es el caso de Jorge



Retrato de Madinaveitia
(colección de Luis Castedo)

F. Tello o de Miguel A. Catalán. 2. Aquellos que permanecieron en España, pero que sufrieron duras condenas no logrando incorporarse nunca o demasiado tarde, por ejemplo, Enrique Moles. 3. Los que se exiliaron pero regresaron, unos antes, otros más tarde; el prestigio del premio Nobel distingue a Severo Ochoa de los demás, tales como Arturo Duperier, Francisco Grande Covián, Francisco Giral y muchos otros. 4. Los que no regresaron del exilio y fallecieron lejos de su patria.

En el año 2007 ¿cómo los recordamos?, ¿cuáles han sufrido más de la guerra? Posiblemente los de la cuarta categoría, ya que la sistemática negación de su existencia entre 1939 y 1975 ha obliterado su imagen entre los que deberían considerarse sus compañeros si no sus discípulos. Lo más triste es que este olvido impuesto ha acabado por ser asumido por todos nosotros, hasta el punto de no reconocerles los méritos que se merecen. Un caso ejemplar es el de don Antonio Madinaveitia, mucho más respetado en México que en España, donde apenas si se le recuerda y los que le han olvidado no quieren reconocer sus méritos, prefiriendo negarlos antes que aceptar que son víctimas de una larga censura.

¿Quién fue don Antonio San Quintín Madinaveitia y Tabuyo?

Un orgánico excepcional a quien no se debe juzgar por lo que hizo, sino por lo que pudo hacer.

Hijo de un célebre médico, Juan Madinaveitia (buen amigo de José Castillejo y profesor de Gregorio Marañón) y sobrino de José Madinaveitia, miembro del Partido Socialista y mentor político de Indalecio Prieto, Antonio nace en Madrid el 31 de octubre de 1890. Estudió el nivel primario en la Institución Libre de Enseñanza, creada por Francisco Giner de los Ríos, cuya finalidad era la formación de científicos y literatos críticos, concientes de la legalidad, sensibles al arte y abiertos a la información. En 1906 se fue al célebre Politécnico de Zurich para estudiar la carrera técnica de químico farmacéutico en el laboratorio de Richard Willstätter (premio Nobel de Química en 1915 por sus trabajos sobre los pigmentos de las plantas, especialmente de la clorofila), con quien tendría una fructífera relación durante largos años. No es indiferente que Willstätter fuese judío y perseguido por los nazis. Obtuvo el título de doctor en 1912 y, una vez de regreso en España, obtuvo la revalidación por parte de la universidad española del grado de doctor.

Fue ayudante de José Rodríguez Carracido, el gran químico y farmacéutico, y obtuvo la cátedra de Química Orgánica en la Universidad Central de Madrid en 1925, que ostentó hasta su exilio en 1939. Fue decano de la Facultad de Farmacia entre 1936 y 1939 y director de la sección de Química Orgánica del Instituto Nacional de Física y Química de Madrid. Colaboró en diversos proyectos de investigación junto al célebre Ernst Fourneau en el Instituto Pasteur de París. Participó en el IX Congreso Internacional de Química (Madrid, 5-11 de abril de 1934), que fue el primer congreso internacional celebrado después de la Primera Guerra Mundial (el anterior tuvo lugar en 1912), donde acudieron más

de 1.500 científicos. La sesión inaugural estuvo presidida por presidente de la República española, Don Niceto Alcalá Zamora y por el ministro de Instrucción Pública, don Salvador de Madariaga.

Como preparación del congreso, del 9 al 20 de agosto de 1933 se celebró una Reunión Internacional de Ciencias Químicas en la Universidad de Verano de Santander. En esta reunión participaron destacados especialistas españoles y extranjeros; entre los primeros cabe citar a Ángel del Campo, Obdulio Fernández, al propio Antonio Madinaveitia y a Enrique Moles; y entre los segundos a los premios nobel de Química Fritz Haber, Richard Willstätter y Hans von Euler.

Se exilió primero a Francia (se encuentra trabajando en la Sorbona en abril de 1939) y luego a México (julio de 1939) donde fallecería en 1974. Tenemos la intención algún día de analizar su extraordinaria contribución a la ciencia, a la industria y a la universidad mexicana.

Publicó 38 artículos y varios libros, su primera publicación es de 1912 y la última de 1935, es decir están escritas entre los 22 y los 45 años de edad. En su gran mayoría, aunque Madinaveitia conocía perfectamente el francés y el alemán, en español y publicadas en los *Anales de Real Sociedad Española de Física y Química* y algunas en la *Revista de la Real Academia de Ciencias*. Hay un par de trabajos publicados en Alemania y uno en Francia (en el *Bulletin de la Société Chimique de France*).

Publica generalmente sólo y cuando lo hace con sus alumnos, enseguida estos publican también solos. Por ejemplo, con Ignacio Ribas edita dos trabajos en 1925 [el 28 y el 29 del apéndice] y en el mismo año Ribas ya tiene una obra con su única firma. Emilio Lora Tamayo en su obra *La investigación química española* (1981), trata de una manera bastante elogiosa a Madinaveitia pero escribe «la producción científica de Antonio Madinaveitia se ofrece muy dispersa antes de polarizarse en más concretas direcciones».

Sus publicaciones se pueden agrupar en una serie de temas: grasas [1, 3 y 13 del apéndice], corcho [37 y 38], terpenos [5, 7, 24, 25 y 26], naftalenos [14, 15, 17, 18, 31, 33 y 36], hidrogenación catalítica [2, 4, 20, 28 y 30], síntesis [6, 12 y 23], fotoquímica [34], química física [9, 10, 19, 20 y 35], y estereoquímica [28 y 29], bioquímica y química médica [8, 11, 16, 18, 21, 22, 27 y 32]. Como se ve, dejando las grasas, que corresponden a su tesis, los diferentes temas se mantienen a lo largo de los años. Tengo la impresión que sin la interrupción de la guerra habría llevado la mayoría de ellos a buen puerto.

Vamos a comentar sólo cuatro líneas de trabajo:

1. Fotoquímica. Aunque la fotoquímica tiene un origen remoto (el Grotthuss de la ley de Grotthuss-Draper publicó su trabajo en 1820), Madinaveitia usa en 1932 la luz solar (en las terrazas del *Rockefeller* que aún hoy existen tal como estaban) como reactivo [34]. Habrá que esperar hasta 1971 para ver renacer la fotoquímica en España de la mano de María Josefa Molera, José Antonio García Domínguez y Alberto Ulises Acuña.

2. Co-cristales y enlaces de hidrógeno. En 1916 Madinaveitia publica en *Anales de Real Sociedad Española de Física y Química* dos trabajos que describen los productos que se forman cuando se mezclan ácido oxálico y fenoles [9] o colesterol [10]. La estructura que propone (a) es probablemente inco-



Plano de la segunda planta del edificio Rockefeller, dedicada a la Química (IQFR)

recta [la correcta debe ser (b), figura 1]. En cualquier caso está extraordinariamente adelantado a su tiempo, ya que la noción de enlace de hidrógeno es de 1919-1920 (Latimer y Rodebush, 1920). La ingeniería de cristales es hoy un campo de investigación vigoroso.

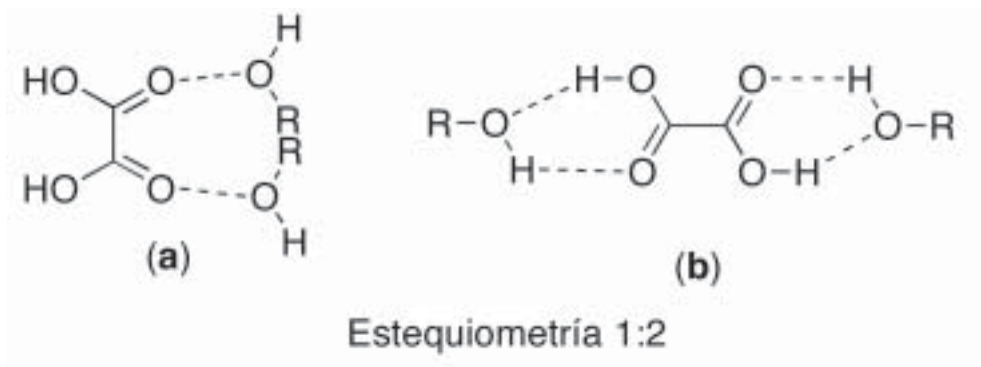


Figura 1. Productos formados cuando se mezclan ácido oxálico y fenoles o colesterol: (a) estructura propuesta por Madinaveitia; (b) estructura correcta

3. Plumbagina, dihidroplumbagina y desmotropía. La desmotropía (dos tautómeros diferentes dando lugar a dos tipos de cristales) es un fenómeno muy poco frecuente y cada nuevo ejemplo despierta considerable atención. Sus trabajos sobre la plumbagina, PG [31] llevan a Antonio Madinaveitia y Enrique Olay a preparar la dihidroplumbagina, DHPG [36]. Inspirándose en trabajos de Richard M. Willstätter y siguiendo sus consejos obtiene dos tipos de cristales de la DHPG que identifica como la forma 1,4-dihidroxi y la forma 1,4-diketo (con pequeños errores). Este trabajo tan interesante está hoy día olvidado (figura 2).

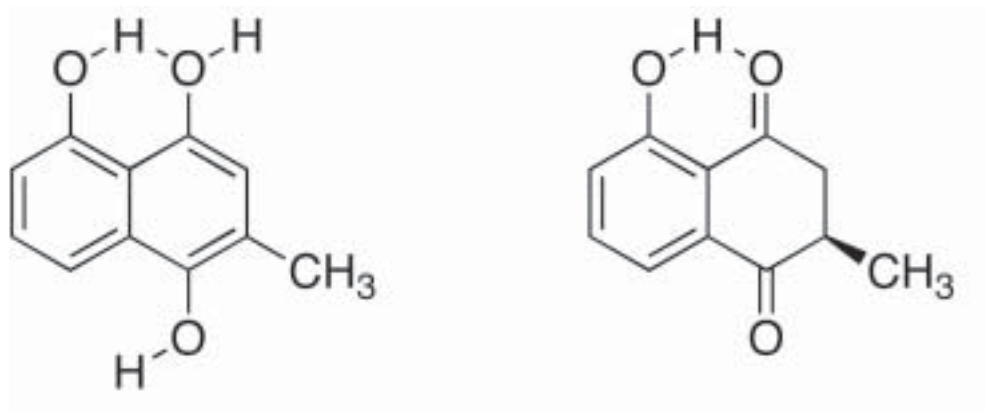


Figura 2. Cristales de la DHPG, identificados como la forma 1,4-dihidroxi y 1,4-diketo

Micelas y la controversia con Rocasolano [19, 20]

Cuenta Santiago Ramón y Cajal (1920: 1.070) en sus agridulces *Charlas de Café* la historieta siguiente:

«A.— Nuestro común amigo G*** está enojadísimo conmigo, pero lo necesito ahora, y te agradecería infinito que tú, que ejerces sobre él irresistible ascendiente, nos reconciliaras.

B.— Creo que lo conseguiré por grave que haya sido la ofensa. Cuéntame lo ocurrido ¿Le has negado dinero?

A.— No.

B.— ¿Le has llamado canalla?

A.— Tampoco.

B.— ¿Has seducido o intentado seducir a su mujer?

A.— Menos aún. Me he limitado a expresar tímidamente en un corro de amigos que tenía poco talento.

B.— Amigo mío, renuncio a reconciliaros. Te has creado un enemigo para toda la vida».

Madinaveitia estaba interesado por la estructura de las micelas [21]. En 1920, Antonio de Gregorio Rocasolano publica un trabajo sobre coloides del cual escribe Lora-Tamayo (1981: 137-140): «Madinaveitia discrepa de esta conclusión [20] por considerar que los fenómenos observados no están en desacuerdo con la hipótesis de aquél (G. Bredig, Heidelberg)».

¿Fue ese el origen de la profunda antipatía que Rocasolano sentía por todo lo relacionado con la JAE e IC? Hay un texto de Rocasolano de 1940 del que transcribo sólo el siguiente párrafo:

«Entre los centenares de temas tratados por pléyade de investigadores oficiales improvisados por la Institución [Libre de Enseñanza] y retribuidos por el Estado, poco aprovechable se encuentra para la industria nacional o para la producción del campo, etcétera; asuntos que si la investigación oficial hubiera estado bien orientada debieran haber sido tratados. La realidad ofrece el contraste de que precisamente son personas que vivieron fuera del radio de la institución quienes han prestado al país tales servicios de orden científico. Realmente es de éxito más fácil y de más lucimiento investigar por regiones donde la imaginación actúa libremente, que estudiar



Rocasolano (CSIC)

asuntos para deducir consecuencias que el rigor de la práctica industrial o agrícola admita o rechace; de donde se deduce que Investigar exclusivamente sobre temas teóricos, más que amor a la ciencia pura, pudiera ser una habilidad».

No olvidemos que Rocasolano fue el maestro de José María Albareda.

El período científico de Madinaveitia en España dura 23 años, entre sus 22 (1912) y sus 45 años de edad (1935). 45 años más tarde yo pasé también 23 años en Francia, entre mis 22 (1957) y mis 45 años (1980). Otros 45 años más tarde (2002) yo seguía trabajando en Madrid. La comparación de las tres fechas, Madrid 1912, Montpellier 1957 y Madrid 2002, muestra que hay mucha más diferencia entre la primera y la segunda que entre la segunda y la tercera.

Los químicos que trabajaban en el Instituto Nacional de Física y Química no fueron los profesores de los que estudiábamos en la Universidad Central en los años cincuenta. Con la excepción de Ignacio Ribas [28 y 29]. Escribe Ribas de Madinaveitia:

«El fue el que me enseñó la técnica de laboratorio necesaria para poder hacer Química y después dirigió mis estudios para la tesis doctoral, después ya no necesité más maestros».

En conclusión, creo que el análisis del caso de Madinaveitia puede servir de punto de partida para discutir con serenidad el delicado tema de si el CSIC es o no el heredero de la JAE&IC.

APÉNDICE

Publicaciones de Antonio Madinaveitia, 1919-1935

Artículos

[1] Madinaveitia, Antonio (1912): «Contribución al análisis de las grasas». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 10, pp. 153-166.

[2] Madinaveitia, Antonio y José Sureda Blanes (1912): «Contribución al estudio de las uniones dobles. 1ª Comunicación. Hidrogenación catalítica de los derivados aromáticos con una unión etilénica». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 10, pp. 381-389.

[3] Willstätter, Richard y Antonio Madinaveitia (1912): «Bestimmung des Glycerin-Gehaltes der Fette». *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, 45, pp. 2.825-2.828.

[4] Madinaveitia, Antonio (1912): «Sobre la hidrogenación catalítica por los metales divididos». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 11, pp. 328-333.

[5] Madinaveitia, Antonio (1914): «Sobre la oxidación del nopineno de la esencia de trementina española». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 12, pp. 259-264.

[6] Madinaveitia, Antonio (1914): «Sobre la alcoholisis de los ésteres». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 12, pp. 426-428.

[7] Madinaveitia, Antonio (1914): «Síntesis de una alcamina benzoilada del grupo del canfano». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 12, pp. 428-432.

[8] Madinaveitia, Antonio (1916): «La composición química de la pionicianina». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 14, pp. 263-266.

[9] Madinaveitia, Antonio y J. Sorolla (1916): «Productos de adición del ácido oxálico». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 1916, 14, pp. 298-305.

[10] Madinaveitia, Antonio y A. González (1916): «Sobre la separación de la colessterina y la isocolessterina». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 14, pp. 398-401.

[11] Madinaveitia, Antonio y E. Carrasco (1916): «La producción de espuma en las orinas de los cancerosos». *Boletín de la Sociedad Española de Biología*, pp. 96-98.

[12] Madinaveitia, Antonio y José Renedo (1918): «Síntesis con derivados organosodiados». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 16, pp. 142-145.

[13] Madinaveitia, Antonio y J. Puyal (1918): «La bromación en a de los aldehidos de la serie grasa». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 16, pp. 329-337.

[14] Madinaveitia, Antonio (1918): «Nota breve sobre naftilaminas». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 16, pp. 543-545.

[15] Madinaveitia, Antonio y J. Puyal (1919): «Síntesis en el núcleo del naftaleno». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 17, pp. 125-129.

- [16] Madinaveitia, Antonio (1919): «El ácido oxiprotéico en la orina y en la sangre de los cancerosos». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 17, pp. 136-145.
- [17] Madinaveitia, Antonio (1919): «Dérivés de la naphthyl-b-éthylamine». *Bulletin de la Société Chimique de France*, 25, pp. 601-610.
- [18] Madinaveitia, Antonio (1920): «Contribución al estudio de las aminas simpatomiméticas. I. Aminas derivadas del naftaleno». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 18, pp. 66-78.
- [19] Madinaveitia, Antonio (1920): «Observaciones del sr. Madinaveitia a la nota precedente». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 18, pp. 366-367.
- [20] Madinaveitia, Antonio y F. Díaz Aguirreche (1921): «Acción catalítica y magnitud micelar». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 19, pp. 124-135.
- [21] José Rodríguez Carracido y Antonio Madinaveitia (1921): «Estudio químico de la salicaria». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 19, pp. 148-151.
- [22] Madinaveitia, Antonio (1921): «Estudio farmacológico de la salicaria». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 19, pp. 251-255.
- [23] Madinaveitia, Antonio (1921): «Sobre oxidimetilbencilaminas». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 19, pp. 259-264.
- [24] Madinaveitia, Antonio (1922): «Sobre el ácido abietínico». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 20, pp. 183-189.
- [25] Madinaveitia, Antonio (1922): «Estudio del pineno del aguarrás español». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 20, pp. 531-533.
- [26] Madinaveitia, Antonio (1922): «Estudio de la miera del pino». *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 20, pp. 524-552.
- [27] Madinaveitia, Antonio y S. Hernández (1924): «Acción hipoglucémica en las bases del grupo de la colina». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 22, pp. 168-173.
- [28] Madinaveitia, Antonio e Ignacio Ribas (1925): «La isomería de los ácidos difenilsuccínicos». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 23, pp. 96-99.
- [29] Madinaveitia, Antonio e Ignacio Ribas (1925): «La isomería de los ácidos difenilsuccínicos». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 23, pp. 138-147.
- [30] Madinaveitia, Antonio (1925): «Hidrogenación catalítica por metales finamente divididos». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 23, pp. 297-310.
- [31] Madinaveitia, Antonio y M. Gallego (1928): «Estudio de la plumbagina». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 26, pp. 263-270.
- [32] Madinaveitia, Antonio (1928): «Zur kenntnis der katalase». *Untersuchungen über Enzyme*, 1, pp. 381-399.
- [33] Madinaveitia, Antonio y J. Sáenz de Buruaga (1929): «Estudio de algunos derivados de las metil-naftalinas». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 27, pp. 647-658.
- [34] Madinaveitia, Antonio y Juan Madinaveitia (1932): «Estudio del ácido cinamilidenomalónico decolorado». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 30, pp. 120-127.

[35] Cabrera, Blas y Antonio Madinaveitia (1932): «Susceptibilidad magnética de las mezclas de acetona y cloroformo y del alcohol triclorobutílico». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 30, pp. 528-539.

[36] Madinaveitia, Antonio y Enrique Olay (1933): «Separación de dos formas desmótopas en algunos polifenoles derivados de la naftalina». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 31, pp. 134-138.

[37] Madinaveitia, Antonio y T. Catalán (1935): «La celulosa del corcho (La cellulose du liège)». *Boletín de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Nataturales*, 1, pp. 9-11.

[38] Madinaveitia, Antonio y Enrique Olay (1935): «La oxidación energética del corcho (L'oxidation énergétique du liège)». *Boletín de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Nataturales*, 1, pp. 11-13.

sentada para aspirar al grado de doctor en Farmacia. Madrid: Imprenta de Bernardo Rodríguez.

Rodríguez Carracido, José y Antonio Madinaveitia [s. a., 1921]: *Estudio farmacológico de la salicaria*. S. 1. [Madrid]: Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, Jménez y Molina Impresor.

Fourneau, Ernest y Antonio Madinaveitia (1921): *Síntesis de medicamentos orgánicos*. Madrid: Calpe (prólogo de José Rodríguez Carracido).

Madinaveitia, Antonio (1927): *La enseñanza de la química orgánica: discurso leído en la solemne inauguración del curso académico de 1927 a 1928*. Madrid: Universidad Central, Imprenta Colonia.

Madinaveitia, Antonio (1929): *Programa de química orgánica aplicada a la Farmacia*. Madrid: Librería General de Victoriano Suárez.

Libros y otros documentos

Madinaveitia, Antonio (1913): *Los fermentos oxidantes: memoria pre-*

Documentos

Real Orden autorizando al subsecretario de Instrucción Pública para aceptar la donación de la Institución Rockefeller, haciendo constar la gratitud de España por tal motivo (26-XI-1925)

de Septiembre de 1933.—Páginas 1032.

Otra resolución instaura examen por el Presidente del Consejo de Administración de la Unión Española de Esportistas en demanda de contestación a preguntas que formula para la exacta interpretación del vigente Reglamento de piscicultores y capataces de 10 de Marzo de 1928.—Páginas 1032.

Otra disponiendo se ejecute en sus propios términos la sentencia dictada por la Sala correspondiente del Tribunal Supremo en el recurso contencioso-administrativo interpuesto por don Claudio y don Jacinto de Leyva y Lora, contra la Real orden de este Ministerio de 12 de Abril de 1933.—Páginas 1032.

Otra resolviendo en turno de economías oficiales acuerdo de Adjudicación civil de este Ministerio a D. Ramón Borlén Burgos.—Páginas 1032 y 1033.

Trabajo, Comercio e Industria.

Seales de pesca autorizando Correcciones de Comercio de la plaza mercantil de Navarra y Príncipe (Cárdoba) a don Manuel Grande García y a D. Antonio Navarro de Castro, respectivamente.—Páginas 1033.

Otra disponiendo se considere incomprensible esta Dirección para tener en consideración la súplica de la Intendencia de D. Antonio I. Perol.—Páginas 1033.

Otra firmada ordenando la expedición del catastro de las de su cir-

co D. Pedro Zabelda Berroco, Profesor de término de la Escuela Industrial de Santander.—Páginas 1033.

Otra resolviendo a D. Antonio Goya y Buzquets el disfrute de las dos tercios del sueldo de 3.000 pesetas con que disfrutaba la plaza de Profesor numerario de Electrocinética y Construcción y Arquitectura Industrial de la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona.—Páginas 1033 y 1034.

Otra disponiendo que D. Juan Carreras Madrid, Profesor auxiliar de la Escuela Industrial de Cartagena, efectúe a la cuenta servida del catastro de las de su clase.—Páginas 1033.

Otra desestimando el recurso de alzada interpuesto por D. José Alfonso García contra acuerdo de la Junta general de Pósitos fecha 13 de Julio último, queriendo, por Juan, Juan y sobrinos.—Páginas 1033 y 1033.

Administración Central.

DEPARTAMENTOS MINISTERIALES

ESTADO.—Subsecretaría.—Asuntos contenciosos.—Anunciando el fallecimiento de el extranjero de los súbditos españoles que se realiza.—Páginas 1033.

MARINA.—Dirección general de Navegación.—Secundado a concurso la prestación de la Cátedra de Derecho y Legislación de la Escuela Oficial de Náutica de Santa Cruz de Tenerife.—Páginas 1033.

HACIENDA.—Subsecretaría.—Concediendo licencia por enfermos y prórroga en la misma a los señores que se mencionan, funcionarios dependientes de este Ministerio.—Páginas 1033.

Atendiendo concurso para la provisión de la plaza de Ingeniero Jefe provincial del Catastro de rústicos en Alicante.—Páginas 1033.

Comercio.—Dirección general de Administración.—Reclamando sueldo y sin ningún valor las contribuciones hechas de Secretarías de las Ayuntamientos que se exponen en la relación que se publica.—Páginas 1033.

INSTRUCCIÓN PÚBLICA.—Dirección general de Primera enseñanza.—Concediendo admisión a los representantes e interesados en las Acciones de la Fundación denominada "Pensiones de estudios e pensiones", fundada en Calzada de Ledesma, Ayuntamiento del mismo nombre (Santander), por D. Jerónimo Mateo de la Parra.—Páginas 1033.

OPORTOS.—Dirección general de Obras públicas.—Ferrocarriles.—Adjudicados definitivamente las obras de construcción, fábrica y accesorios que falta ejecutar en la construcción del ramal del ferrocarril al puerto y arsenal de El Ferrol, a don Luis Aguilera Manabola.—Páginas 1033.

ARMAS 1.ª.—FUEGOS.—SECRETARÍA.—ANUNCIO EN PRUNTO BAGO.

ARMAS 2.ª.—FUEGOS.—CRUCIOS ESTADÍSTICOS.

PARTE OFICIAL

S. M. el Rey Don Alfonso XIII (q. D. g.), S. M. la Reina Doña Victoria Eugenia, S. A. R. el Príncipe de Asturias e Infantes y demás personas de la Augusta Real Familia costeadas con novedad en su importante sueldo.

PRESIDENCIA DEL DIRECTORIO MILITAR

REALES ORDENES

Excmo. Sr.: Visto el expediente incoado en el Departamento de Instrucción pública y Bellas Artes, relativo a la construcción en Madrid de un edificio destinado a Instituto de Física y Química, costeado por el International Education Board, fundado por Rockefeller (Ohio) y sostenido por el Gobierno de España; y

Resultando que, en virtud de oficio remitido por la Junta para ampliación de estudios e investigaciones científicas dando cuenta de que la mencionada institución había concedido un crédito de 10.000 dólares, des-

tinado a los trabajos preparatorios para la construcción de un Instituto de Física y Química, que ha decidido edificar y dotar de material, de acuerdo con el Gobierno de S. M. y por intermedio de la citada Junta; y que posteriormente se han recibido noticias anunciando que el Instituto Rockefeller había destinado este año un crédito de 100.000 dólares para la construcción, por lo que en preciso adquirir terrenos para que los créditos votados por la institución se quedaran infructuosos;

Resultando que dada cuenta al Directorio Militar acordó en 21 de Julio último lo siguiente:

"El Directorio resuelve que se autorice al Subsecretario de Instrucción pública para aceptar, en nombre del Gobierno, la donación de la institución Rockefeller, haciendo constar la gratitud de España con tal motivo.

Igualmente resolvió requerir a la Junta para ampliación de estudios, con objeto de que ésta propusiera las bases para el concurso de adquisición de terrenos que se puedan adquirir para realizar la construcción de que se trata.

Igualmente resolvió el Directorio que por el Ministerio de Instrucción

pública, con toda urgencia, se iniciara y remitiera al de Hacienda el oportuno expediente de crédito extraordinario para pago de los terrenos en su día."

Resultando que en 31 de Julio se cumplimentó por Real orden el anterior acuerdo:

Resultando que en 23 de Septiembre la Junta para ampliación de estudios ha remitido a la Subsecretaría de Instrucción pública un oficio, en el que se incluye:

a) Las bases acordadas, su prórroga, entre su Secretario y el Representante del International Education Board para crear en España el Instituto de Física y Química; y

b) Las condiciones necesarias que deben reunir los terrenos en que el Instituto haya de construir, las cuales se encajan en las condiciones de un concurso, por lo que debe someterse una Comisión encargada de buscarlos en las condiciones referidas, que, por las circunstancias que concurren, son especiales.

Resultando que con estas bases, y para poder llegar en su día al pago de los terrenos necesarios, se ha incoado expediente en solicitud de crédito extraordinario y remitido aquí al Ministerio de Hacienda;

Resultando que hallándose en este estado el expediente, la Junta de ampliación de estudios ha reunido un nuevo oficio, en el cual hace constar que la institución internacional ha hecho presente, al conocer aquellas bases, que es conveniente darles forma de una proposición, en vez de convenio o contrato, porque, según hace constar la Junta, la institución Rockefeller no pretende, sin duda, hacer presión con sus ofertas, profiriendo que se le manifiesten las necesidades sentidas y el proyecto de su remedio; por todo lo cual la Junta solicita ser autorizada para proponer de modo oficial y definitivo al International Education Board la concesión del Instituto de Física y Química en Madrid:

Considerando que han de resolverse dos cuestiones distintas, aunque relativas al mismo asunto: la que se refiere a la adquisición de las tierras y la relativa a la aprobación de las bases que han de servir para proponer la construcción del edificio destinado al Instituto de Física y Química al International Education Board:

Considerando, respecto al primer extremo, que no puede determinarse "a priori" si es posible la realización del concurso incluido en el acuerdo de 21 de Julio último, o si se está dentro de alguno de los casos taxativamente marcados por la ley de Contabilidad de 1.º de Julio de 1911, como excepciones, por lo que no hay inconveniente en llegar al nombramiento de una Comisión que, estudiando no sólo la propuesta de la Junta de ampliación de estudios, sino cuanto exigen las realidades de este importante asunto, eleve a la Superioridad las bases del repetido concurso o propuesta de un modo expreso la excepción legal que pueda invocarse, recomendándola suficientemente:

Considerando que el último oficio elevado por la Junta para ampliación de estudios varía esencialmente el espíritu de las bases formuladas anteriormente, que eran concordantes con la primera noticia oficial llegada al Departamento de Instrucción pública, ya que hoy no se trata de un convenio, sino de una proposición:

Considerando que tal modificación determina la necesidad de que el Gobierno autorice a la Junta para ampliación de estudios e investigaciones científicas para que solicite de la International Education Board la construcción del edificio para Instituto de Física y Química, con instrucciones concretas que sólo puedan ser modificadas en sus detalles:

Considerando que tales instrucciones pueden ser las siguientes:

A. El International Education Board donará a España un edificio, que en Madrid ha de destinarse a Instituto de Física y Química, completamente terminado, con sus servicios en condiciones de funcionar.

B. Desde el día que el edificio sea entregado, el Estado español se compromete a sostener el Instituto, destinando a tal fin cantidad suficiente con destino a personal y material fijo, para que puedan realizar sus estudios un número de 150 alumnos si el edificio tuviera capacidad para ello, abteniendo las cantidades necesarias de los créditos destinados a la Junta para Ampliación de estudios, hasta que el presupuesto consigne la cantidad de 200.000 pesetas que se considera indispensable anualmente para esta atención, que responderá más tarde a lo que el desarrollo del servicio demande.

C. El Gobierno español declara que el Instituto se dedicará a fines exclusivamente científicos y de investigación, sin propósito directamente profesional o académico, designándose el personal por el Departamento de Instrucción pública y Bellas Artes, a propuesta de la Junta para Ampliación de estudios, que tendrá el Patronato técnico del Instituto, sujetándose siempre a las disposiciones legales a que aquélla está sometida o a las que se dicten en lo sucesivo.

D. El International Education Board donará a España el Instituto de Física y Química sin reserva alguna de derecho y sin pedir otras garantías que la declaración del Gobierno español asegurando el sostenimiento del servicio como un compromiso de honor para la Nación.

S. M. el Rey (q. D. g.) ha tenido a bien disponer:

1.º Que para proponer las bases del concurso o solicitar en su caso la excepción comprendida en la ley de 1.º de Julio de 1911, se nombre una Comisión compuesta por los señores siguientes: Presidente, excelentísimo señor Dopsch de Alba; Secretario, señor D. José Castillejo; Vocales: don Blas Cabrera y D. Angel del Corral, Catedráticos de la Universidad Central; D. Ricardo Marcano, Jefe de la Sección de Construcciones civiles del Ministerio de Instrucción pública, y D. Javier de Lasgo, Argelista de la Junta para Ampliación de estudios.

2.º Que se autorice a la Junta para Ampliación de estudios para que en nombre del Gobierno solicite en definitiva la concesión de un edificio destinado a Instituto de Física y Química, ajustándose a las bases que se

mencionan en el quinto considerando de esta Real orden.

3.º Que una vez acordada la donación por el International Education Board, dé cuenta la Junta para Ampliación de estudios a la Subsecretaría del Ministerio de Instrucción pública, a fin de que ésta pueda adaptar los acuerdos relativos a su aceptación, para lo cual fué autorizada por el Directorio Militar.

De Real orden lo digo a V. E. para su conocimiento y demás efectos. Dios guarde a V. E. muchos años. Madrid, 20 de Noviembre de 1925.

EL MARQUE DE MAGAZ

Señor Subsecretario encargado del Ministerio de Instrucción pública y Bellas Artes.

Elmo. Sr.: Por existir vacante y reunir las condiciones reglamentarias, S. M. el Rey (q. D. g.) ha tenido a bien disponer:

1.º Se concede el reintegro por segunda vez y a los Ministerios que se indican a los siguientes Ptereros quintos cesantes:

Al Ministerio de Instrucción pública don Esteban Gómez Miguel, prosecretario del Ministerio de Hacienda. Respecto a su residencia, el único dato que obra en esta Presidencia es que sirvió su último cargo en la Aduana de Barcelona.

Nicanor Manso Junquera, procedente del Departamento de Hacienda. El único dato que obra en este Ministerio respecto a su domicilio, es que sirvió su último cargo en la Organización de pagos de los Ministerios de Gracia y Justicia y Gobernación.

Elías González, del Ministerio de Hacienda. Respecto a su domicilio, sirvió su último cargo en la Delegación de Hacienda de Almería.

Francisco Baljo Iglesias, procedente del Ministerio de Hacienda. Respecto a su domicilio, el único dato que obra en esta Presidencia es que sirvió su último cargo en la Dirección general de la Deuda y Gastos pasivos.

Juan Vehl, procedente del Ministerio de Hacienda. El único dato que obra en esta Presidencia es que sirvió su último cargo en la Delegación de Hacienda de Gerona.

2.º La posesión de estos Ptereros estará condicionada a que presenten su partida de nacimiento, que quedará unida a su expediente personal, y que demuestren con ella que tenían más de veintidós años en 24 de Febrero de 1924 y en la actualidad menos de sesenta y cinco años.

**Real Decreto autorizando al ministro de
Instrucción Pública y Bellas Artes para la adquisición
del terreno con destino a la construcción de un edificio
para el Instituto de Física y Química (22-VII-1926)**

miento corresponde al segundo turno que el artículo 16 del texto refundido de la vigente ley Orgánica de las Carreras Diplomática, Consular y de Intercambios señala al ascenso por antigüedad entre los funcionarios en activo de la clase inferior inmediata.

Dado en Palacio a veinte de Julio de mil novecientos veintiséis.

ALFONSO

El Ministro de Estado,
José de Yanguas Maza.

Por conviene así al mejor servicio, Vengo en disponer que D. Antonio Gordillo y Carrasco, Cónsul de primera clase en Baléncia, pase a continuar sus servicios, con dicha categoría, al Consulado de la nación en Perpignan.

Dado en Palacio a veinte de Julio de mil novecientos veintiséis.

ALFONSO

El Ministro de Estado,
José de Yanguas Maza.

Por conviene así al mejor servicio, Vengo en disponer que D. Ramón Novas y Mansel de Villena, Cónsul de primera clase en Perpignan, pase a continuar sus servicios, con dicha categoría, al Consulado de la nación en Baléncia.

Dado en Palacio a veinte de Julio de mil novecientos veintiséis.

ALFONSO

El Ministro de Estado,
José de Yanguas Maza.

MINISTERIO DE GRACIA Y JUSTICIA

REALES DECRETOS

Adoptado a lo solicitado por don Luis Lorenzá Armerín, Secretario que ha sido de la Sala tercera del Tribunal Supremo, actualmente en situación de excedencia voluntaria, y de conformidad con lo preceptuado en el artículo 36 de la ley de Presupuestos de 20 de Junio de 1922 y en el 51 del Reglamento de 7 de Septiembre de 1916 para la aplicación de la ley de Base de 23 de Julio del mismo año, Vengo en decretar con el haber que por clasificación le corresponde.

Dado en Palacio a veinte de Julio de mil novecientos veintiséis.

ALFONSO

El Ministro de Gracia y Justicia,
Galo Ponte Escarot.

De conformidad con lo dispuesto en el Real decreto suscritado de 8 de Diciembre de 1925,

Vengo en nombrar para la Canonjía vacante, por defunción de D. José Canal Lagares, en la Santa Iglesia Catedral de Cádiz, al Licenciado D. Francisco Serrano Cid, propuesto en primer lugar por el Tribunal de oposición.

Dado en Palacio a veinte de Julio de mil novecientos veintiséis.

ALFONSO

El Ministro de Gracia y Justicia,
Galo Ponte Escarot.

De conformidad con lo dispuesto en el Real decreto suscritado de 4 de Diciembre de 1925,

Vengo en nombrar para la Canonjía vacante en la Santa Iglesia Catedral de Mondoñedo, por terminación de don Antonio Marín Agrelo, a D. Agustín Boas Pego, propuesto en primer lugar por el Tribunal de oposición.

Dado en Palacio a veinte de Julio de mil novecientos veintiséis.

ALFONSO

El Ministro de Gracia y Justicia,
Galo Ponte Escarot.

Visto el expediente instruido con motivo de indulto solicitado por Nicolás Pérez Pérez, en virtud de que se le indulta de la pena de tres años, seis meses y veintidós días de prisión correccional a que fue condenado por la Audiencia de Zamora, en causa por delito de aborto;

Considerando las especiales circunstancias que concurren en el presente caso y los buenos antecedentes de conducta del penado;

Vista la Ley de 18 de Junio de 1922, que reguló el ejercicio de la gracia de indulto; de acuerdo con lo informado por la Sala senescalada y con lo consultado por la Comisión permanente del Consejo de Estado, y conformado con el parecer de Mi Consejo de Ministros,

Vengo en indultar a Nicolás Pérez y Pérez de la mitad de la pena que le fué impuesta en la época y por el delito mencionado.

Dado en Palacio a veinte de Julio de mil novecientos veintiséis.

ALFONSO

El Ministro de Gracia y Justicia,
Galo Ponte Escarot.

MINISTERIO DE HACIENDA

REAL DECRETO

De acuerdo con Mi Consejo de Ministros, a propuesta del de Hacienda,

Vengo en autorizar al Ministro de Instrucción pública y Bellas Artes para la adquisición, por el precio de 2.522.423,07 pesetas de un terreno situado en los altos del Hipódromo, en término municipal de esta Corte, al sitio conocido con el nombre de "Cruz del Rayo", junto al camino alio de Chamartín de la Rosa y del Canalillo, que mide una extensión superficial de 55.206 metros cuadrados, con destino a la construcción de un edificio para el Instituto de Física y Química.

Dado en Palacio a veinte de Julio de mil novecientos veintiséis.

ALFONSO

El Ministro de Hacienda,
José Galvo Botín.

MINISTERIO DE LA GOBERNACION

EXPOSICION

SEÑOR: El artículo 27 del Real decreto de la Presidencia del Consejo de Ministros de 9 de Abril último faculta a este Ministerio, previa audiencia de la Junta Superior de Beneficencia, a proponer la aprobación de Reglamento para el régimen interior de dicho organismo, y habiéndose cumplido lo dispuesto en el expresado precepto legal, el Ministro que suscribe, de acuerdo con el Consejo de Ministros, tiene el honor de proponer a V. M. la aprobación del siguiente Real decreto.

Madrid, 20 de Julio de 1926.

SENOR:

A. L. R. P. de V. M.,
SEVERIANO MARTELL AZNAR

REAL DECRETO

De acuerdo con Mi Consejo de Ministros y a propuesta del de Gobernación,

Vengo en decretar lo siguiente: Se aprueba el adjunto Reglamento para el régimen y funcionamiento de la Junta Superior de Beneficencia.

Dado en Palacio a veinte de Julio de mil novecientos veintiséis.

ALFONSO

El Ministro de la Gobernación,
Severiano Martell Aznar.

**Concurso de proyectos para el
Instituto de Física y Química costeadado por el
International Education Board (6-IV-1927)**

Núm. 464.

Elmo. Sr.: De conformidad con lo dispuesto en el Real decreto de 2 de Junio de 1924 y en virtud de propuesta formulada por el Tribunal calificador, S. M. el Rey (q. D. g.) ha tenido a bien nombrar Caladera del Instituto Nacional de segunda enseñanza de San Isidro a doña Leonor Concepción García Caballero, con la pensión anual de 1.500 pesetas.

De Real orden lo digo a V. I. para su conocimiento y demás efectos. Dios guarde a V. I. muchos años. Madrid, 28 de Marzo de 1927.

CALLEJO

Señor Director general de Enseñanza superior y secundaria.

Núm. 465.

Elmo. Sr.: S. M. el Rey (q. D. g.) ha tenido a bien conceder a D. Fernando Gópedes Nicoll, Oficial de Administración de primera clase de la Secretaría de este Ministerio, un mes de licencia, con todo el sueldo, para que pueda atender al restablecimiento de su salud.

De Real orden lo digo a V. I. para su conocimiento y demás efectos. Dios guarde a V. I. muchos años. Madrid, 26 de Marzo de 1927.

CALLEJO

Señor Director general de Enseñanza superior y secundaria.

Núm. 466.

Elmo. Sr.: S. M. el Rey (q. D. g.) ha tenido a bien conceder a D. Juan Manuel de la Haza Gómez, Oficial de Administración de tercera clase de la Secretaría de este Ministerio, un mes de licencia, con todo el sueldo, para que pueda atender al restablecimiento de su salud.

De Real orden lo digo a V. I. para su conocimiento y demás efectos. Dios guarde a V. I. muchos años. Madrid, 28 de Marzo de 1927.

CALLEJO

Señor Director general de Enseñanza superior y secundaria.

Núm. 467.

Elmo. Sr.: S. M. el Rey (q. D. g.) ha tenido a bien conceder a doña Francisca Rodríguez y Rodríguez, Oficial de Administración de tercera clase de este Ministerio, afecta a la Escuela Normal de Maestras de Cáceres, primera próroga de un mes, con la in-

terval de sueldo, a la Escuela que por enfermedad se halla disfrutando.

De Real orden lo digo a V. I. para su conocimiento y demás efectos. Dios guarde a V. I. muchos años. Madrid, 28 de Marzo de 1927.

CALLEJO

Señor Director general de Enseñanza superior y secundaria.

Núm. 468.

Elmo. Sr.: Conociendo la Exposición de los Concursos Nacionales en el Palacio de Exposiciones del Retiro con otras inapuntables, y no pudiéndose celebrar al mismo tiempo en el Pabellón central de este Ministerio la del Concurso de Escultura y las de Arte Decorativo y Grabado,

S. M. el Rey (q. D. g.) se ha servido disponer que la convocatoria de estos concursos quede justificada del siguiente modo:

Concurso de Arte Decorativo (Bases 2.ª y 4.ª).—Los proyectos se presentarán en la Secretaría de los Concursos Nacionales, Dirección general de Bellas Artes, los días laborables comprendidos desde el 15 de Septiembre al 15 de Octubre próximos, de once a una. La exposición se celebrará en el Pabellón central de este Ministerio desde el día 20 de Octubre al 31 de mismo, y el fallo y los nombres del Jurado se harán públicos antes del 5 de Noviembre.

Concurso de Grabado.—Son aplicables a este Concurso los dos párrafos anteriores, quedando así rectificados las bases 2.ª y 4.ª en cuanto a los plazos y al lugar de la Exposición.

De Real orden lo digo a V. I. para su conocimiento y demás efectos. Dios guarde a V. I. muchos años. Madrid, 28 de Marzo de 1927.

CALLEJO

Señor Director general de Bellas Artes.

Núm. 469.

Elmo. Sr.: Aprobado por Real orden de 2 de Febrero próximo pasado el proyecto de obras de construcción, en esta Corte, de un pabellón escuela, tipo de construcción popular, correspondía percibir al Arquitecto D. Antonio Flores y Urduñola los honorarios que legalmente están reconocidos a sus trabajos por la formación del proyecto y dirección de las obras, y al Pagador D. Isidro Jiménez Collado, los que le corresponden como premio de su habilitación; para como según manifestación verbal de ambos señores, reconocían al percibo de estos

honorarios, en consideración a la finalización de la obra proyectada,

S. M. el Rey (q. D. g.) se ha servido disponer se asignen las gratificaciones en su Real nombre, a ambos señores, por su desinteresada conducta y por la cooperación por ellos prestada, de esta índole, al aumento y difusión de la cultura pública.

De Real orden lo digo a V. I. para su conocimiento y efectos. Dios guarde a V. I. muchos años. Madrid, 28 de Marzo de 1927.

CALLEJO

Señor Director general de Primeros ensayos.

Núm. 470.

Elmo. Sr.: S. M. el Rey (q. D. g.) ha tenido a bien disponer que se publique en la GACETA DE MADRID, para conocimiento de los Arquitectos españoles, las bases redactadas para el concurso de proyectos, con el fin de llegar a la construcción, en Madrid, de un edificio para Instituto de Física y Química, costeado por la Junta Internacional de Educación (Fundación Rockefeller-Júnior).

De Real orden lo digo a V. I. para su conocimiento y efectos consiguientes. Dios guarde a V. I. muchos años. Madrid, 26 de Marzo de 1927.

CALLEJO

Señor Director general de Enseñanza superior y secundaria.

Concurso de proyectos para el Instituto de Física y Química costeado por el International Education Board (Fundación Rockefeller-Júnior).

La Junta para ampliación de estudios e investigaciones científicas abre un concurso entre Arquitectos españoles para la presentación de proyectos y dirección del que ha de servir de base a la construcción de un edificio, destinado a Instituto de Física y Química, costeado por el International Education Board (Fundación Rockefeller-Júnior).

Este edificio se levantará en Madrid, en la parte central (buscando el alojamiento de las líneas de tranvías) de un gran solar situado en los Años de Huelgas, detrás de la Residencia de Estudiantes.

El plano de este lugar, para su examen, copias o calco, estará a disposición de los concursantes en el domicilio de la Junta, calle de Almagro, número 26, hotel.

Una orientación determinada del edificio no es esencial, aunque sí debe tenerse en cuenta la más favorable, según el clima de Madrid, y la disposición de las construcciones próximas.

El edificio será unitario, pero pudiendo considerarse como uno de

los dos pabellones de que podrá consistir el Instituto, en caso de posible ampliación. La forma en planta se deja al criterio de los Arquitectos concursantes, aunque los Profesores que han intervenido en la redacción de estas bases, recomiendan la forma en U como más conveniente.

La superficie edificada o cubierta, será de 1.500 metros cuadrados aproximadamente, sin comprender un pequeño pabellón independiente, destinado a sala de máquinas y talleres, que luego se describe.

Consistirá el edificio de tres plantas, con las siguientes alturas de pisos, medidas en luccas interiores: planta primera, cuatro metros; planta segunda, 4,30 metros, y planta tercera, 4,25 metros. La planta baja estará elevada 0,80 metros sobre el nivel del terreno. El firme para la cimentación está a un metro por debajo de esta cota.

El Instituto comprenderá: Laboratorios y locales anejos de Física, distribuidos en la planta primera; locales y laboratorios de Química, distribuidos entre las plantas segunda y tercera; servicios generales y comunes, distribuidos entre ambas plantas (segunda y tercera) y el pabellón independiente; todo con arreglo al siguiente programa:

Servicios generales. — Ingreso. Vestíbulo. Portería. Escalera principal. Anfiteatro de conferencias de unos ciento veinte metros cuadrados, capaz para 150 oyentes, con luz zenital, apto para proyecciones y con mesa de experimentación. Laboratorio de preparación de conferencias, anejo al Anfiteatro, de unos 25 metros cuadrados.

Biblioteca general, de unos 60 metros cuadrados, más un anejo de unos 20 metros cuadrados para consulta de libros, en la planta segunda.

Dirección, de unos 20 m.².—Secretaría del Instituto, de unos 15 m.².—Local para bicicletas de unos 15 m.².

W.C. de señoras y caballeros en cada uno de los pisos, con lavabos.—Un local para duchas.

Vivienda del consejo, compuesta de: comedor, cocina, W.C. y dos dormitorios, en la planta tercera.

Física.—Planta primera.—Sección A.—Laboratorio de Profesor de unos 20 m.².—Laboratorio de Magnetismo anejo de unos 40 m.².—Laboratorio de Ayudantes de unos 30 m.².—Laboratorio general de Electricidad de unos 40 m.².—Dos Laboratorios de unos 20 a 25 m.².

Sección B.—Laboratorio de Profesor de unos 20 m.².—Laboratorio anejo de Rayos X de unos 50 m.².—Cámara oscura de unos 15 m.².—Laboratorio de Ayudantes, de unos 25 m.².—Laboratorio general de Termología, de unos 20 m.².

Sección C.—Laboratorio de Profesor, de unos 20 m.².—Laboratorios de Espectroscopia de las siguientes dimensiones mínimas: 1.^o, de 7 por 10 m.; 2.^o, de 5 por 10 m.; 3.^o, de 5 1/2 por 4 m.; 4.^o, de 6 por 3 m.—Cámara oscura, de unos 15 m.².—Laboratorio de

Ayudante, de unos 25 m.².—Laboratorio general de Óptica, de unos 40 m.².

Dos Laboratorios, de unos 50 a 35 m.².—Consulta de libros, de unos 25 m.².—Almacenes, de unos 20 m.².

Química.—Planta segunda.—Sección D.—Laboratorio de Profesor, de unos 40 m.².—Despacho anejo, de unos 15 m.².—Cuarto de bañinas, de unos 15 m.².—Cámara oscura, de unos 15 m.².—Laboratorio de Ayudante, de unos 20 m.².—Laboratorio de Química-Física, de unos 30 m.².—Laboratorio de Química inorgánica, de unos 60 m.².—Talleres y espedero de vidrio para los alumnos, de unos 30 m.².—Laboratorio de Ayudante, de unos 25 m.².

Sección E.—Laboratorio de Profesor, de unos 30 m.².—Despacho anejo, de unos 15 m.².—Cuarto de bañinas, de unos 15 m.².—Laboratorio de Ayudante, de unos 25 m.².—Tres Laboratorios, de unos 30 m.².

Laboratorio de Análisis de gases, de 35 unos m.².—Dos Laboratorios, de unos 20 m.².—Almacenes, de unos 20 m.².

Química.—Planta tercera.—Sección F.—Laboratorio de Profesor, de unos 30 m.².—Despacho anejo, de unos 15 m.².—Laboratorio de Microquímica, de unos 35 m.².—Cuarto de bañinas, de unos 15 m.².—Laboratorio de Ayudantes, de unos 25 m.².—Laboratorio de Química orgánica, de unos 60 m.².

Sección G.—Laboratorio de Profesor, de unos 30 m.².—Despacho anejo, de unos 15 m.².—Cuarto de bañinas, de unos 15 m.².—Cámara oscura, de unos 15 m.².—Laboratorio para dos Ayudantes, de unos 25 m.².—Laboratorio de Análisis químico elemental, de unos 15 m.².—Cuarto de explosivos, de unos 12 m.².—Instalado al mismo tiempo como cuarto de noche.—Espedero, de unos 15 m.².—Laboratorio para ocho plazas dobles de trabajo, de unos 80 m.².

Dos o tres Laboratorios, de unos 20 m.². Uno de ellos puede servir para destilar el agua colocándolo en lugar lo más apartado de los otros Laboratorios para evitar la impurificación del agua.

Consulta de libros, de unos 25 m.².—Almacenes, de unos 20 m.².—Laboratorio de Análisis, de unos 60 m.².—Incluido en él un local para gas sulfúrico. Este local ha de estar constantemente abierto al aire y debe estar separado por doble puerta, de cierre automático, del resto del edificio.

Pabellón de máquinas y talleres.—De unos 150 m.².—Edificio independiente, próximo al edificio principal. Contendrá:

Sala de acumuladores; de unos 30 m.², llevando anejo una sala de máquinas de 30 m.² con el cuadro general de distribución.

Taller de mecánica de 30 m.² con luz zenital.—Almacén contiguo al taller de unos 12 m.².—Taller de espedado de vidrio de unos 30 m.².—Almacén antiguo de unos 8 m.².—Cámara fría subterránea, manteniendo una temperatura de 5 a 10° por tiempo necesario.

Se procurará que los locales que van detallados en cada uno de los Secciones queden lo más próximos posible unos a otros. Los que se van bajo

atención, pueden distribuirse libremente.

Las superficies que se señalan para cada uno de estos locales, no serán más que aproximadas, a excepción de los laboratorios 1, 2, 3 y 4 de la Sección C de Física, que son mínimas.

Las cualidades fundamentales en la composición de las fachadas serán la severidad y sencillez más absoluta, sin ornatos ni elementos inútiles; buscando el buen efecto estético exclusivamente en las proporciones y en la ordenación de líneas, que han de responder siempre y de una manera exhaustiva al buen funcionamiento del edificio y a su destino bien señalado y característico.

Todos los locales tendrán luces directas a fachada, no debiendo existir techos interiores. La circulación, amplia y clara.

La estructura podrá ser de entramado metálico o de hormigón armado, acompañado de fábrica, de gran solidez. Los mayores coeficientes de carga corresponden a los laboratorios de Física, que se hallan en planta baja. En esta planta, que habrá de estar libre de toda humedad, se podrá construir en todo momento pilares bien cimentados para la instalación de nuevos aparatos además de los que se conciben de antemano. La sobrecarga que se calcula para los pisos segunda y tercera es de 400 kgms. por m.².

La misma estructura estratificada permitirá ampliar fácilmente según día el tamaño y aun la distribución de locales.

En los Laboratorios de Química, en la sala de Conferencias y en el Laboratorio de Rayos X, la ventilación se obtendrá por conductos de tiro directo, reforzada por exhaustores eléctricos. Los Laboratorios de Física y la sala de Conferencias estarán provistos de un sistema cómodo para oscurecerlos totalmente. Se requieren doble vidrieras en la fachada Norte del edificio.

La calefacción será central, por vapor de agua, asegurando en todos y cada uno de los locales una temperatura de 18 grados cuando la exterior sea de 0°.

En todos los Laboratorios existirán servicios de agua y gas, de conductores registrables en toda la línea y fácilmente reparables; los desagües, también registrables, irán concentrados en un punto, de donde partirá la acometida a la alcantarilla general, cuya situación se fijará en su día.

Cada Laboratorio ha de disponer de tomas de alumbrado y fuerza sobre las líneas urbanas. El tipo de las líneas especiales que puedan requerir determinados Laboratorios, será objeto de estudio en el proyecto definitivo.

Los servicios de W. C. y lavabos para cada sexo y guardarrropas capaces para 150 personas.

Los pavimentos han de ser de material compacto, que no se agriete ni de polvo, fácilmente por desgaste.

El presupuesto no podrá exceder de 1.500.000 pesetas, comprendiéndose en esta cifra la construcción total con arreglo al anterior programa; los tabuladores de calefacción, abastecimiento de agua, saneamiento, los generales de gas y electricidad y los ba-

nerarias de proyecto y dirección del Arquitecto.

Respecto a las obras de fibreas necesarias para el montaje de instalaciones especiales—aléctricas, ventilación, etc.—, se señalarán en el presupuesto definitivo por una partida alícuota aproximada.

Para la intervención en determinadas resoluciones, incidencias e interpretaciones del proyecto, así como en las liquidaciones, existirá una Comisión de Obras, que tendrá la representación o delegación de la Junta para Ampliación de Estudios, y que estará compuesta de las personas que ésta designe en su día.

La construcción total e instalaciones se llevará a cabo por contrata. A este efecto, la Comisión de Obras celebrará un concurso de proposiciones entre centralistas competentes, de reconocida solvencia, que ella designará, eligiendo la más conveniente, teniendo cuenta tanto su cifra como el plazo de ejecución. Esta centralista tendrá como base el pliego de condiciones económicas, redactado entre el Arquitecto su autor, y la Comisión de Obras en el momento oportuno.

Bajo el amparo de todo esto, la Junta de Ampliación de Estudios se reserva el derecho de ejecutar las obras por administración, interviniendo asimismo en su desarrollo la citada Comisión de Obras.

El concurso de proyectos comprenderá dos grados: anteproyecto y proyecto.

Para el anteproyecto se presentarán los siguientes documentos:

Planos delineados o dibujados a mano alzada, con tinta, sobre papel blanco, colocados en bandaleros para poder ser expuestos, comprendiendo: la planta de emplazamiento o situación del edificio en relación con el terreno a escala de 1 por 500; las tres plantas de distribución, la de saneamiento y la de cubierta, a escala de 1 por 200, suficientemente claras para comprender la repartición y enlace de todos los locales; alzado de dos fachadas a escala de 1 por 100; Memoria descriptiva del sistema elegido en disposición y estructura, razonando la composición de los alzados según el carácter del edificio, enumerando las características de las instalaciones y cuantas particularidades se quieran agregar como anticipo del estudio que habrá de desarrollarse en la Memoria del proyecto definitivo y un anexo de presupuesto.

El plazo de ejecución del anteproyecto será de dos meses, a contar desde la fecha de la publicación de estas bases en la Gaceta de Madrid. Los anteproyectos se entregarán el día que corra el citado plazo en el local ya indicado de la Junta de Ampliación de Estudios. Inmediatamente se reunirá el Jurado calificador, de cuya constitución se hablará después, para en su caso, el cual podrá elegir hasta dos anteproyectos a uno solo, o declararles desiertos sin indemnización de ninguna clase.

Con todos los anteproyectos se celebrará una exposición pública durante los días y en el local que el Jurado señale.

Cada anteproyecto de los elegidos recibirá como premio la cantidad de 5.000 pesetas, y su autor comenzará el desarrollo del proyecto a partir de la fecha de la notificación de haber sido elegido, contándose un plazo de cinco meses para su labor, en la que irá comprendida una previa visita a determinados Laboratorios de Europa que le señalará el Jurado, acompañado por un Profesor físico o químico y abonándosele por la Junta todos los gastos de viajes y estancias.

El proyecto, que será desarrollo del correspondiente anteproyecto, comprenderá los siguientes documentos:

Planos delineados en tinta sobre papel blanco ligeramente lavados y colocados sobre bastidores comprendiendo: plantas de saneamiento, de climatización, de distribución, de cubierta, de instalaciones y de estructuras a escala de 1 : 100; los alzados de todas las fachadas y una sección a escala de 1 : 50; los detalles y partes que se estimen necesarios a escala libre; una Memoria que, considerándose ampliación de la del anteproyecto, sea realmente el fruto del estudio realizado en los laboratorios extranjeros y en aplicación al Instituto español de Física y Química; pliego de condiciones facultativas y presupuesto, comprendiendo mediciones, cuadros de precios, presupuesto general y resumen.

Los proyectos se entregarán también el día que termine el plazo fijado, en el mismo local que los anteproyectos.

El Jurado que entenderá en la admisión y calificación de los anteproyectos y de los proyectos, estará compuesto de cinco miembros: un Presidente, designado por la Junta de Ampliación de Estudios; un Profesor de Física y un Profesor de Química, también designados por la misma Junta; dos Arquitectos: uno nombrado por la Sociedad Central de Arquitectos, a requerimiento de la misma Junta, y otro que ésta designará entre los que pertenecen a la Academia de San Fernando, a la Escuela de Arquitectura o al Servicio de Construcciones civiles del Ministerio de Instrucción pública.

Los autores de los anteproyectos elegidos entenderán las indicaciones del Jurado a los fines de modificarlos en el segundo grado, y el autor del proyecto que se elija como definitivo estará también sometido a todas cuantas observaciones y modificaciones le señale el mismo Jurado, no pudiendo percibir los honorarios de formación de proyecto, fueren o no sea aprobado totalmente por ese Jurado, admitido por la Comisión de Obras que le concede y formalizado el contrato de la construcción. Se obliga también a entregar a la Comisión de Obras una copia en tela de todo el proyecto.

Asimismo, durante la realización de las obras, a cuya dirección estará obligado el se le encomienda,

el Sr. Arquitecto señalará los aspectos de la misma Comisión de Obras que las inspeccionará, y a los efectos de interpretaciones o modificaciones que surjan en el transcurso de las mismas.

En el pliego de condiciones económicas se fijará el modo de percibir los honorarios de dirección.

Los autores de los anteproyectos y proyectos no elegidos, recogerán sus planos y documentos en el plazo que oportunamente se anuncie, Madrid, 22 de Febrero de 1927, S. Ramón Cajal.

Núm. 471.

Unid. Sr. D. Domingo por falta de aspirantes, el concurso previsto en el tratado para la provisión de la Cátedra de Dibujo del Instituto nacional de segunda enseñanza de Méjico:

S. M. el Rey (q. D. g.) ha tenido a bien disponer se anuncie su provisión al concurso como plaza de Profesor especial de Dibujo con la dotación anual de 2.000 pesetas como sueldo o gratificación entre Profesores de la misma disciplina afectas al servicio de las Escuelas Normales y de las de Artes e Industrias, siendo de preferencia la admisión de haber ingresado por oposición.

De Real orden lo digo a V. I. para su conocimiento y demás efectos. Dios guarde a V. I. muchos años. Madrid, 26 de Marzo de 1927.

CALLEJO.

Señor Director general de Enseñanza superior y secundaria.

Núm. 472.

Vacante por renuncia del Sr. D. José de Benavente la plaza de Profesor Auxiliar para la enseñanza de Aparejadores en la Escuela Superior de Arquitectura de Barcelona:

S. M. el Rey (q. D. g.) ha tenido a bien nombrar para la referida plaza a D. Joaquín I. Anselmi Miró, con carácter interino y con el sueldo anual de 2.000 pesetas, sin que el desempeño de este cargo suponga la adquisición de derecho alguno.

De Real orden lo digo a V. I. para su conocimiento y efectos.—Dios guarde a V. I. muchos años. Madrid, 26 de mayo de 1927.

CALLEJO.

Señor Director general de Enseñanza superior y secundaria.

**Instituto Nacional de Física y Química
(folleto inaugural)**

**Las instalaciones eléctricas de experimentación del
Instituto Nacional de Física y Química,
fundación Rockefeller en Madrid
(Revista SIEMENS, por E. Marchesi)**



REVISTA SIEMENS

SIEMENS & HALSKE
SIEMENS-SCHUCKERT

DIRECCIÓN: OFICINA LITERARIA DE SIEMENS-SCHUCKERT

Publicación preliminar de la REVISTA SIEMENS nº. 2, 1934

Las instalaciones eléctricas de experimentación del Instituto Nacional de Física y Química, fundación Rockefeller en Madrid.

Por E. Marchesi, Ing. de Siemens Industria Eléctrica, S. A.

EA.—OBJETO DEL INSTITUTO.
En el año 1929 acordó el Gobierno español, utilizando fondos donados por el filántropo americano Rockefeller, la fundación en Madrid de un Instituto de investigaciones de Física y Química. Con objeto de que esta institución respondiese a los últimos adelantos de la técnica, fué nombrada una comisión que realizó un viaje de estudio por distintos países Europeos y de los Estados Unidos de América, con objeto de visitar establecimientos análogos y sacar consecuencias que pudiesen ser tenidas en cuenta para el proyecto del nuevo Instituto.

La Siemens y Halske A. G. fué requerida para facilitar un proyecto de conjunto de las instalaciones eléctricas con las que debía estar dotado, obteniendo por último el encargo de todas aquellas instalaciones eléctricas y también de otras de ellas derivadas y de naturaleza secundaria.

El objeto principal del Instituto, es la investigación pura en aquellas ramas propias de la

Física y de la Química, estando estas últimas clasificadas en distintos agrupamientos correspondientes a Física general, Química-Física, Magnetismo, Radiofísica, Espectrografía, Electricidad química y Química Orgánica. La Dirección del Instituto fué confiada al eminente físico D. Blas Cabrera, que dedica sus actividades a problemas magnéticos. Teniendo en cuenta que principalmente la orientación del Instituto tenía que estar

dirigida para realizar investigaciones de la naturaleza antes indicada y con objeto de que estas investigaciones pudiesen efectuarse entre límites lo más amplios posibles, se tuvo en cuenta



Fig. 1. Edificio del Instituto Nacional de Física y Química de Madrid.

en esta circunstancia al proyectar las instalaciones eléctricas de experimentación.

II.—CARACTERÍSTICAS DEL INSTITUTO EN LO QUE SE REFIERE A SU PARTE CONSTRUCTIVA.

El proyecto del Edificio y la dirección de la obra, corrió a cargo del Arquitecto Sr. Sánchez Arca.

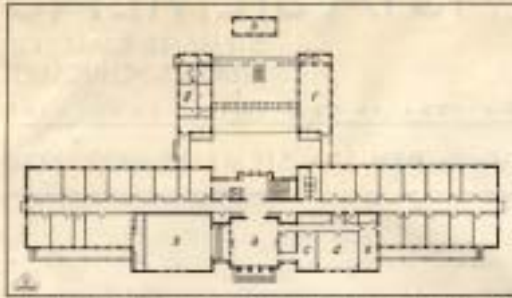


Fig. 2. Planta baja.

La figura 1 muestra el frente del edificio y la figura 2 la planta del mismo; como puede verse tiene la forma de una T. La parte principal del edificio está compuesta por sótano, planta baja y dos pisos.



Fig. 3. Vista parcial de la celda de alta tensión.

Los laboratorios de física están instalados en la planta baja y también en el sótano, los de química en las plantas primera y segunda. La

gran sala de conferencias está situada en la planta baja en la parte media del edificio y tiene una altura de techo equivalente a dos plantas. Su emplazamiento está situado de tal forma que sea fácilmente accesible desde la entrada principal. También en la parte media del edificio, y simétricamente a la gran sala de conferencias, está instalada la biblioteca. En las dos alas del edificio se encuentran los diferentes laboratorios, cuya superficie ha sido elegida de acuerdo con el género de trabajos que en ellos han de realizarse.

En la planta segunda existen dos terrazas con el objeto de poder hacer ensayos químicos al aire libre. Independientemente del cuerpo principal del edificio y casi en su totalidad en subterráneos, están instalados los dos locales para las baterías de acumuladores, la sala de máquinas, el cuartito de alta tensión, las instalaciones de ventilación y también el taller mecánico y departamentos de Administración, estos últimos en edificios pequeños situados encima de los cuartos subterráneos antes citados. Por último debemos indicar también que en el cuerpo principal del edificio existen dos laboratorios de temperatura constante, para lo cual están sus paredes recubiertas de cercha y situadas dentro de otro cuarto mayor, de forma que, entre ambos queda una cámara de aire; en estos laboratorios se realizan experimentos que por su naturaleza delicada, requieren condiciones especiales.

Con objeto de que las trepidaciones producidas en la sala de máquinas, en los talleres etc. no puedan transmitirse a los laboratorios, está todo el edificio dividido y cimentado en tres partes completamente independientes como puede observarse en la figura 2.

Estas tres partes del edificio están unidas por medio de juntas formadas por placas de cercha y con impregnación de una masa asfáltica especial, consiguiéndose de esta manera que las dos alas en donde están instalados los laboratorios y el cuerpo central están prácticamente aislados en lo que se refiere a la transmisión de trepidaciones.

Para asegurar más todavía esta circunstancia y para facilitar la instalación de aparatos, como balanzas de precisión, galvanómetros etc. existe debajo de cada ala del edificio dos pisos de hormigón que sirven para cimentar los pilares sobre los cuales han de instalarse los aparatos citados.

Otro detalle interesante consiste en que en todo el edificio existen espacios vacíos entre techo y suelo y también a lo largo del pasillo central, cuyas paredes longitudinalmente están construidas también de esta forma. Este espacio se utiliza para el tendido de líneas eléctricas para la luz y fuerza en el edificio, líneas de baja tensión y también las conducciones de aire a presión, gas, agua, así como el desagüe de los laboratorios de química y los canales de ventilación para las vitrinas. La pared interior del pasillo está toda ella recubierta de chapa ondulada fija por medio de tornillos de tal forma que pueda desmontarse fácilmente en una superficie de próximamente 4 m², consiguiéndose así hacer fácilmente accesibles las líneas eléctricas y demás instalaciones situadas entre la doble pared.

Análogamente, en el espacio vacío horizontal situado entre techo y suelo se encuentra instalada la parte horizontal de las canalizaciones, de tal suerte que todo ello facilita considerablemente el tendido de las conducciones en caso de una posible ampliación de las mismas y sobre todo una accesibilidad muy grande en caso de rotura o avería, las cuales se pueden remediar sin necesidad de recurrir a costosas obras ni interrupciones en el servicio.

C.— LA INSTALACION ELECTRICA DE EXPERIMENTACION.

1°. Fuentes de corriente.

La acometida de que dispone el Instituto, es una red trifásica de 15 000 V 50 periodos; la transformación se realiza en una celda de alta tensión, figura 3, en la cual están instalados dos transformadores de 160 y de 75 kVA respectivamente los cuales reducen la tensión a $3 \times 220/127$ V; para la red de corriente continua del Instituto y también para la alimentación de los motores de accionamiento de los distintos grupos convertidores, existen dos baterías de acumuladores con una intensidad de carga y descarga de aprox. 100 A.



Fig. 4. Batería de acumuladores para experimentación.

Estas baterías alimentan una red trifilar de 2×110 V con punto neutro puesto a tierra. Los dos reductores montados en un cuarto especial inmediato a la sala de acumuladores, son mandados a distancia desde el cuadro de distribución principal y de esa forma se consigue un mantenimiento constante de la tensión en la batería. La carga de esta última se realiza por medio de un grupo convertidor de corriente trifásica en continua que genera una tensión de 220/320 V pero que con objeto de poder utilizar este grupo también para la experimentación puede rebajarse la tensión anterior hasta el valor de resistencia.

Estas baterías de fuerza no solamente se utilizan en los distintos laboratorios como fuentes de tensión constante sino también para el abastecido de los mismos en aquellos casos en los cuales no puede



Fig. 5.

Laboratorio del oscilógrafo y comprobación de patrones.

utilizarse la red de corriente alterna por realizarse experimentos delicados en donde el empleo de esta última puede dar lugar a perturbaciones.



Fig. 6. Sala de máquinas.

Con objeto de conseguir la mayor independencia en lo que se refiere a la fuente de corriente en los distintos laboratorios, existe además una batería de experimentación (fig. 4) dividida en distintos grupos y compuesta por 60 elementos de aprox. 700 Ah de capacidad y con una intensidad máxima de descarga de 180 A; también hay disponible una batería de tensión hasta 400 V; para la carga de esta ba-

que se utiliza muchas veces para la alimentación de tubos electrónicos en ciertos experimentos físicos y cuya generación se efectúa por medio de un grupo compuesto por motor de accionamiento trifásico acoplado a 4 generadores de corriente continua cada uno de 500 V y con tensión regulable. Estos generadores pueden ponerse en serie o en paralelo maniobrándose desde el cuadro de distribución de tal forma que pueden obtenerse tensiones de 500; 1500 y 2000 V. Está prevista una ampliación en lo que se refiere a corrientes continuas de alta tensión hasta 10 000 V mediante un grupo convertidor especial. Las líneas correspondientes a este grupo están ya tendidas de forma que solo será necesaria la implantación del grupo propiamente dicho.

Para la alimentación del circuito de tensión de la mesa de compensación en el laboratorio de patrones, existe en la sala de máquinas un pequeño grupo convertidor que genera una tensión continua hasta 1000 V.

También existe la posibilidad de realizar experimentos con una frecuencia distinta de 50 periodos y para ello hay instalado un grupo convertidor de corriente continua en trifásica, cuya frecuencia puede regularse entre 30 a 60 periodos. Para investigaciones ferromagnéticas, está previsto un grupo especial cuyo generador produce una tensión rigurosamente senoidal y también en el proyecto está prevista la implantación de un grupo especial de alta intensidad para la alimentación de hornos eléctricos. Todas las condiciones eléctricas terminan en un cuadro general de distribución en forma de U instalado en la sala de máquinas, compuesto de 27 paneles de marfil azul; todos los aparatos de medida instalados en este cuadro son del tipo de perfil plano empotrados.

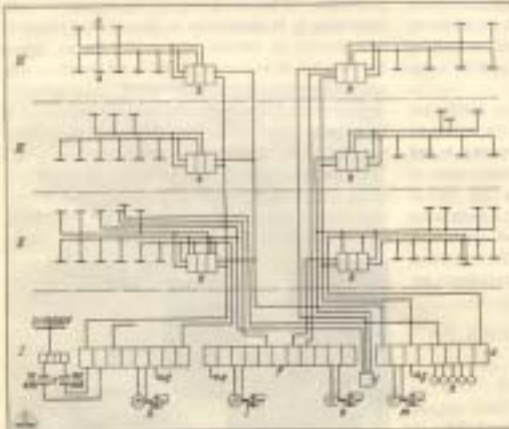


Fig. 7. Cuadro de distribución y reparto de 27 paneles en la sala de máquinas.

tería de experimentación existe un grupo apropiado. — Además de los elementos descritos para la red de baja de corriente alterna y corriente continua, existe en el Instituto corriente continua de alta tensión

de las corrientes de experimentación. Todas las líneas procedentes de los paneles de servicio del cuadro principal de distribución

finalizan en las barras horizontales de un repartidor principal instalado también en la sala de máquinas (fig. 6), mientras que las barras verticales del mismo conducen a través de los repartidores secundarios a los diferentes laboratorios. La unión entre las barras verticales y horizontales se realiza a través de clavijas de presión de doble contacto las cuales aseguran un contacto perfecto. En la figura 7 está representado esquemáticamente la distribución de líneas desde la sala de máquinas hasta los distintos laboratorios. Como puede verse, cada piso tiene disponibles dos cuadros repartidores correspondientes a las dos alas del edificio. La figura 8 muestra uno de estos cuadros repartidores para los laboratorios de Física. Con objeto de evitar que estos cuadros repartidores tengan que dimensionarse para fuertes intensidades, algunas líneas del orden de los 200 A conducen directamente desde la sala de máquinas hasta los electroimanes para los cuales se destinan; existe un repartidor de clavijas especial para estas líneas instalado también en el cuadro principal. En algunos experimentos es conveniente poder manipular los grupos instalados en la sala de máquinas desde los laboratorios y con este objeto y en esta última, existe un cuadro especial que relaciona los distintos laboratorios por medio de líneas de tal manera que desde los mismos laboratorios puede variar las características de funcionamiento de los grupos convertidores de acuerdo con



Fig. 9. Tendido de conductores de experimentación.

3°. Tendido de líneas.

Para todos los conductores de experimentación se ha elegido cable acorazado, con objeto de evitar posibles influencias mutuas. El tendido se efectuó utilizando armaduras metálicas colgadas del techo; un aspecto de este tendido puede verse en la figura 9.

Teniendo en cuenta posibles ampliaciones y también para poder unir diferentes laboratorios en aquellos casos no previstos en el proyecto, se han instalado líneas de reserva, las cuales pueden



Fig. 8. Repartidor secundario.



Fig. 10. Laboratorio particular del Sr. Prof. Cabrera.

las necesidades de los experimentos que se realicen. — También pueden utilizarse este cuadro repartidor para fines de medición, relacionando a través de él los distintos laboratorios.

utilizarse en los casos citados. Para las conexiones internas en el laboratorio y con objeto de que no estorben los conductores puestos a ras del suelo, existe en la parte alta de las paredes de cada

laboratorio, tiras de hierro perfilado en forma de U en donde se fijan con tornillos, pletinas que a su vez soportan los conductores. Esta disposición, de indudables resultados prácticos, tiene gran importancia en el caso presente, teniendo en cuenta que el género de ensayos que se realizan en el Instituto de Física y Química requieren instalaciones de una relativa permanencia, especialmente en los laboratorios de Física.

En un proyecto como el que nos ocupa es necesario siempre tener presente que las posibilidades de enlace un laboratorio con otro deben ser máximas, por este razón y con objeto de facilitar más todavía las existentes, ya descritas, se han instalado en la parte alta de cada tabique de separación de laboratorios, una placa de baquelita con una serie de bornas pasantes. El empleo de ese cuadro es de recomendar especialmente, pues la práctica ha demostrado que su utilidad es muy grande.

B.—INSTALACIONES ESPECIALES.

1°. Instalación de toma de tierra.

No es necesario insistir en la importancia que para un Instituto de Investigación, como el Instituto Nacional de Física y Química tiene la instalación de toma de tierra. Con objeto de que esta última fuese la más perfecta posible, se ha instalado por todo el Instituto un cable formado de varios hilos de cobre puesto a tierra en cuatro puntos de derivación y en distintos lugares. Estas derivaciones terminan en grandes cilindros de cobre, los cuales están sumergidos en tierra



Fig. 11. Laboratorio de Electroquímica.

húmeda y con objeto de poder mantener la humedad en todo tiempo y teniendo presente que el clima de Madrid es muy seco en la estación veraniega, existen disposiciones de riego artificial



Fig. 12.

Una de las ventiladores primitivos con filtro sustentador.

para las mismas. Todas las bornas de toma de tierra instaladas en el edificio están unidas al tendido de cable de tierra general.

2°. Instalación telefónica.

Además de la instalación de experimentación ya descrita se ha previsto en el Instituto, una instalación telefónica automática combinada con otra para la busca de personas dentro del Instituto; también está montada la instalación de relojes eléctricos, alguno de ellos con secundario, los cuales tienen utilidad en algunos laboratorios.

3°. Instalación de ventilación.

Los trabajos con productos químicos, la existencia de baterías de acumuladores y la aireación de las salas de conferencias, han dado la necesidad de implantar en el Instituto de Física y Química una instalación de aireación y de aspiración del aire viciado. Con objeto de evitar el que vapores ácidos y otros gases perjudiciales puedan salir de los laboratorios, penetrando en los pasillos del Instituto, es necesario mantener en todo el edificio una determinada sobre presión. Con este objeto se han montado dos grandes ventiladores centrífugos, cada uno de los cuales es accionado por un motor de 75 kW. La aspiración del aire se hace directamente desde el exterior y pasa a través de dos filtros sistema Barthel en los cuales se deposita el polvo que el aire pueda llevar en suspensión. Teniendo en cuenta que la cantidad de aire absorbido es de aprox. 50,000 m³ hora, y que al introducir esta cantidad de aire en el Instituto en tiempo frío, la temperatura ambiente descendería considerablemente, hay



Fig. 12. Vista parcial de la serie de ventiladores para la ventilación de vitrinas.

instalados dos calefactores Junker a vapor, los cuales sirven para calentar el aire antes de introducirlo en el edificio. La figura 12 muestra uno de estos ventiladores con filtro recalentador. Los dos canales de ventilación principales

están unidos por un canal transversal provisto de un cierre de trampilla de tal forma que en caso de avería en uno de los grupos de ventilación puede seguirse el servicio con la mitad de potencia utilizando para ello el otro ventilador.

La sala de conferencias tiene una disposición análoga para la succión. Para aspirar el aire viciado hay instalados en la terraza dos ventiladores centrifugos.

Los laboratorios de química del Instituto están dispuestos con 48 vitrinas las cuales se ventilan por medio de una serie de ventiladores centrifugos instalados en el ático del edificio. La implantación de los canales de ventilación correspondientes a estas está estudiada de tal forma que en caso de avería de un ventilador puede la vitrina funcionar con otro ventilador que esté en buenas condiciones. En dos salas de acumuladores tiene una instalación de ventilación independiente de la del resto del Instituto. Como podría suceder que en invierno la temperatura exterior fuese demasiado baja y por lo tanto podría ello originar condensaciones de los vapores acidos que se encuentran en la sala de acumuladores, se ha previsto la ventilación de tal forma que esa aspiración de aire y durante la época fría pueda realizarse directamente aspirando aire del interior del Instituto existiendo para ello una trampilla reguladora.

Uno de los laboratorios de química en el cual se trabaja constantemente con mercurio, está dispuesto con vitrinas cuya ventilación es formada,



Fig. 14. Foto grande de conferencias.

de tal forma, que la concentración de vapores de mercurio que pueda haber en el ambiente de esta laboratorio sea inferior al que tolera el reglamento de Sanidad. La figura 13 muestra parte de la serie de ventiladores instalados en la parte superior del edificio.

E.—SALA DE CONFERENCIAS.

Existe en el Instituto dos salas de conferencias, una de gran capacidad en la planta baja y otra de reducida tamaño en la planta 3ª. La primera de ellas tiene una capacidad para 300 oyentes (fig. 14) y tiene algunos detalles nuevos en su construcción; se utiliza para las tomas de corriente en 220V de las conocidas cuadros de experimentación, un solo cuadro en forma de papitre que tiene todo el ancho de la sala de conferencias. Los distintos aparatos e instrumentos que se precisan para las conferencias se montan en el cuarto de preparaciones sobre mesas transportables de tal forma que estas mesas se conectan a las tomas de corriente existentes en el papitre indicado. Esta sala de conferencias está además dispuesta con una instalación eléctrica de sacarecieniento, la cual es accionada desde el citado papitre; también existe comunicación telefónica entre este último y la cabina del proyector. Las paredes están recubiertas con Zellulox con objeto de conseguir las mejores condiciones acústicas. En lo que se refiere a la sala pequeña está también dispuesta con su mesa de experimentación, la instalación eléctrica de sacarecieniento y también con una pizarra mandada eléctricamente con botones pulsadores, que a su vez se utiliza como cerramiento para la vitrina que comunica con el cuarto de preparación inmediato a la sala.

Tiempo de investigación



Plano de la planta baja del edificio Rockefeller, dedicada a la Física (IQFR)

Sinopsis sobre la investigación en Física del CSIC en el edificio Rockefeller: período 1940-1975

Francisco J. Baltá Calleja

Instituto de Estructura de la Materia, CSIC

La física del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en 1940 estaba constituida por un par de pequeños grupos dentro del Patronato Alfonso X el Sabio y el Instituto de Física Alonso de Santa Cruz. Tomando como base el edificio *Rockefeller*, que inicialmente alojaba el Instituto Nacional de Física y Química de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE), con la creación del CSIC, este centro se desdobló en dos: uno de ellos, el de Física, con el nombre de Instituto Alonso de Santa Cruz, y otro el Instituto de Química Alonso Barba.

El Instituto de Física en su época inicial estaba constituido por cinco departamentos donde se cultivaban algunas de las líneas de la etapa anterior:

- Óptica y Espectroscopia.
- Estructuras Cristalinas Inorgánicas.
- Determinación de Estructuras Orgánicas.

- Electricidad y Semiconductores.
- Magnetismo.

No quisiera dejar de recordar a algunos de los científicos de este período, asociados a estas líneas de investigación, dado que ellos no solo tuvieron el mérito de vivir la etapa difícil del CSIC, con falta de medios materiales, si no que también sirvieron de puente y estímulo a las nuevas generaciones.

Miguel A. Catalán, que había alcanzado un gran prestigio internacional por el descubrimiento de los multipletes atómicos, había sido uno de los fundadores del Instituto Nacional de Física Química de la JAE. Aunque él no se pudo incorporar al *Rockefeller* después de 1940, sí lo hicieron sus sucesores Jesús Morcillo, José Herranz, José M. Orza, Salvador Montero, en el campo de la espectroscopía molecular. El profesor Catalán se incorporó en 1950 al recién creado Instituto de Óptica Daza de Valdés, donde José María Otero Navascués le encargó la dirección del departamento de Espectros. Allí mantuvo, hasta su muerte en 1957, una línea de investigación que ha seguido activa durante muchos años.

Julio Palacios, que fue el creador de una escuela de rayos X y difracción de electrones, después de la guerra dejó de interesarse por sus investigaciones estructurales, aunque la escuela fundada por él siguió sus actividades con gran éxito, gracias al esfuerzo de sus continuadores: Manuel Abbad, Luis Rivoir, y al final de este primer período, por la segunda generación a la que pertenecían Severino García Blanco, Sagrario Martínez Carrera, Pilar Smith, Florentino Gómez Ruimonte, Julián López de Lerma y Aurea Perales, que introdujeron el empleo de los nuevos ordenadores electrónicos en los estudios tridimensionales de Patterson y Fourier; y por la tercera generación de jóvenes investigadores que se fueron formando en el departamento de Rayos X: José Fayos, Felix H. Cano, Martín Martínez Ripoll, Concepción Foces, Feliciano Florencio. El germen del profesor Palacios cristaliza en un gran grupo de reconocida fama internacional.

Salvador Velayos otro de los investigadores del Instituto Nacional de Física y Química que había trabajado con el profesor Walther Gerlach en Munich continuó sus investigaciones en la sección de Magnetismo del Instituto de Física Alonso de Santa Cruz. Su labor docente e investigadora fue decisiva para el desarrollo del magnetismo en España. Así, el Instituto de Magnetismo de la Universidad Complutense que lleva su nombre, creado por uno de sus colaboradores, el profesor Antonio Hernando, es un centro que tiene un gran prestigio internacional.

José Baltá fue responsable de la sección de Semiconductores y, desde el año 1953, se encargó de la dirección del Instituto de Física. Su gran vocación científica y cualidades pedagógicas y humanas contribuyeron a la formación de numerosos físicos españoles. Hay que indicar que en esta época empieza a tratarse específicamente el campo de la física del estado sólido como consecuencia de la formación de jóvenes investigadores en centros científicos internacionales. Científicos de la talla de Federico García Moliner, Ángel Esteve y Manuel Cardona, pasaron por la sección de Semiconductores. Es digno de mención el hecho de que gran parte del trabajo experimental de la tesis de Cardona sobre el nuevo efecto foto-magnetoeléctrico en el germanio y el silicio fue realizado en los laboratorios del Instituto de Física bajo la dirección del profesor Baltá.

Con la creación del Centro de Investigaciones Físicas Leonardo Torres Quevedo, el Instituto Alonso de Santa Cruz desapareció como tal en 1964 y los investigadores de la sección de Magnetismo y de la sección de Semiconductores abandonaron el *Rockefeller*, aunque la sección de Estructuras Cristalinas permaneció en el Instituto de Química Física Rocasolano, que se había creado en el año 1967.

Uno de los laboratorios del
Centro de Investigaciones Físicas
Leonardo Torres Quevedo, c 1950
(CIFLTQ)

La investigación en el edificio del *Rockefeller* mantuvo siempre su espíritu original de gran fuerza y vitalidad. Aunque la Química siempre tuvo el mayor peso específico, el Instituto Rocasolano, en su etapa posterior a 1964, acogió y fue desarrollando excelente investigación en Física, fundamentalmente en su sección de Física Teórica aunque también en el departamento de Termodinámica y en el departamento de Rayos X. No quiero dejar pasar esta ocasión sin manifestar mi aprecio y recuerdo a mis colegas del departamento de Rayos X, especialmente al entrañable amigo y compañero, profesor García Blanco, por acogerme generosamente en sus laboratorios y por apoyarme en todo momento en mi trabajo de investigación.

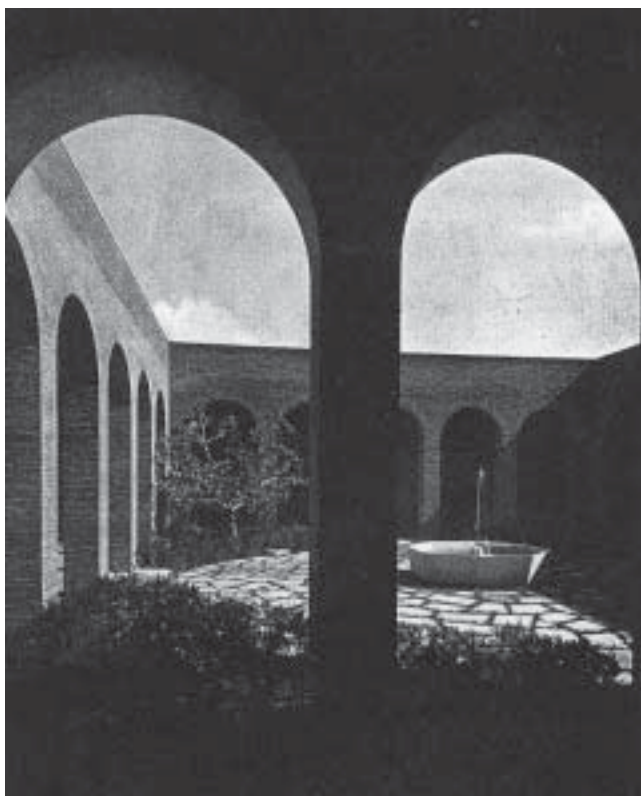
Con objeto de agrupar bajo una idea común a diversos grupos de trabajo teóricos y experimentales que se dedicaban a la investigación física de la constitución microscópica de la materia, surge en 1975 el Instituto de Estructura



Panel de la exposición «75 años. Rockefeller, 1932-2007» con el croquis de los institutos del centro (IQFR, diseño Base 12)

de la Materia. Esta idea englobaba a la investigación física de las propiedades de la materia, esencialmente mediante métodos mecanocuánticos y relativistas, incluyendo a las partículas elementales como representantes mínimos y a los agregados de las grandes moléculas como representantes mayores. La creación de este instituto fue posible, sin duda alguna, gracias al clima de excelencia científica y convivencia humana en que se vivía en la casa común y, especialmente, a la ayuda y comprensión que se recibió, en todo momento, por parte del Instituto Rocasolano.

El Instituto de Estructura de la Materia contaba inicialmente con especialistas en física de partículas (Alfredo Tiemblo), física molecular (José M. Orza, Salvador Montero), química cuántica (Yves G. Smeyers) y polímeros cristalinos. El doctor Tiemblo fue el primer responsable y animador indiscutible del instituto y gracias a él y los constantes esfuerzos y dedicación de Montero, primer secretario del mismo, pudo consolidarse el centro en esta primera etapa. Posteriormente, a causa de nuevos ingresos o a cambios en las líneas de investigación de sus componentes, la actividad científica se fue ampliando a otras áreas. En 1979 se incorporó el grupo de Estructura Molecular y Espectroscopía del Rocasolano dirigido por los doctores José Herranz y Manuel Rico. En 1990 se creó un departamento de Física Nuclear y Estadística (doctora Elvira Moya, doctor Francisco J. Bermejo) que venía a cubrir el espacio temático todavía inexistente en el instituto entre la física de partículas y la física atómica y molecular.



Claustro del Auditorium y Biblioteca de la Residencia de Estudiantes en la calle Serrano, que ocupa actualmente parte del Instituto de Estructura de la Materia (IH)

Parte de la física teórica, tras un intento de asociarse con la Universidad Complutense en un instituto mixto dio lugar en 1991 al Instituto de Matemáticas y Física Fundamental, al acoger a los pocos matemáticos que a lo largo de los años se habían incorporado al CSIC. Este instituto representa, pues, a una tercera y prestigiosa generación de científicos, que podrían llamarse los nietos del Instituto Rocasolano.

Para terminar, quisiera ilustrar la composición actual por departamentos del Instituto de Estructura de la Materia:

- Química y Física Teóricas.
- Física Molecular.
- Física Macromolecular.
- Física Nuclear y Física Estadística.
- Espectroscopía Vibracional y Procesos Multifotónicos.
- Astrofísica Molecular e Infrarroja.

Residencia de Estudiantes,
c 1920, con una de las torres del
pabellón Trasatlántico
en el centro, que albergó a la
Asociación de Laboratorios de la
Junta para Ampliación
de Estudios (IH)



Química Física en el *Rockefeller*

Manuel Rico

Instituto de Química Física, CSIC

El Instituto de Física y Química (el *Rockefeller*)

Cuando Santiago Ramón y Cajal recibió el encargo de actualizar las instituciones científicas españolas, mediante la creación de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas en el año 1907, se procedió, como era lógico, a una división de acuerdo con las disciplinas clásicas. Las ciencias de laboratorio relacionadas con la Medicina, que se concretaron en lo que entonces se denominaba genéricamente Fisiología, se instalaron provisionalmente en los laboratorios del mismo nombre situados en el edificio *Trasatlántico*, contiguo al de la Residencia de Estudiantes. Allí desarrollaron sus investigaciones, entre otros, aparte del propio Ramón y Cajal, sus discípulos Pío del Río Hortega, J. Francisco Tello, Rafael Lorente de No, Juan Negrín (que posteriormente sería presidente del Gobierno), Severo Ochoa y, como curiosidad, citaremos también a Abelardo Gallego, catedrático de Veterinaria en Madrid, experto en histología

animal, y padre del que fue nuestro compañero en el Instituto de Química Física del CSIC, Ernesto Gallego.

Las ciencias Físicas y Químicas evolucionaron separadamente. El Instituto Nacional de Ciencias Físico-Naturales, creado en el año 1910, comprendía, además del Laboratorio de Investigaciones Físicas de Blas Cabrera, el de Automática y Ensayos de Aeronáutica de Leonardo Torres Quevedo, junto con el Museo Nacional de Ciencias Naturales, todos ellos instalados en el llamado Palacio de la Industria y Bellas Artes, hoy Museo Nacional de Ciencias Naturales y Escuela Superior de Ingenieros Industriales. A ellos pronto se sumaron los laboratorios de Metrología, Electricidad, Espectrometría (de Ángel del Campo), Química Física (Enrique Moles) y Electro-análisis (Julio Guzmán), incluidos en el de Investigaciones Físicas, sin olvidar al de Química Biológica, dirigido por José Rodríguez Carracido, ubicado en la Facultad de Farmacia de la Universidad Central de Madrid y primer precedente del principal objeto de esta exposición. Con la inauguración del edificio *Rockefeller* en febrero de 1932, que albergaría el Instituto Nacional de Física y Química, cuyo 75 aniversario celebramos en 2007, se constituye el primer centro oficial de investigación en ciencias Físicas y Químicas. Fue su primer director Cabrera, investigador internacionalmente reconocido en el campo del magnetismo. Él y Moles, célebre por sus trabajos en relación a la determinación de pesos atómicos, fueron la fuerza motriz del instituto en unos años de brillante ejecutiva científica, que tuvieron un trágico fin al estallar la Guerra Civil. Además de las secciones de Electricidad y Magnetismo y Química Física, dirigidas por Cabrera y Moles respectivamente, el centro contaba con otras, de Espectrografía, a cargo de Miguel Antonio Catalán (descubridor de los multipletes en los espectros atómicos); Rayos X, encabezada por Julio Palacios; Química Orgánica, por Antonio Madinaveitia, y Electroquímica, por Julio Guzmán. Es de destacar que, en los pocos años de su existencia, en el Instituto Nacional de Física y Química realizaron una brillante labor, además de los ya mencionados, un diverso plantel de los, en aquella época, doctorandos y más tarde catedráticos, que incluía a Luis Bru, Octavio R. Foz, Tomás Batuecas, Arturo Duperier, Armando Durán, Salvador Velayos, Juan Sancho y muchos otros. Separadas como estaban las diversas ciencias por disciplinas académicas, no hubo en el Instituto Nacional de Física y Química, conocido como el *Rockefeller*, investigaciones relacionadas con la Biología, en su sentido más amplio, en la etapa de la Segunda República.

Los institutos Alonso de Santa Cruz y Alonso Barba del CSIC

Como es bien conocido, al finalizar la Guerra Civil se creó el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, que asumía los cometidos e instalaciones de la desaparecida Junta para Ampliación de Estudios. En el edificio *Rockefeller* se instalaron los recién creados institutos de Física Alonso de Santa Cruz y de Química Alonso Barba. El director de ambos fue José Casares y sus vicedirectores Julio Palacios y Antonio Rius respectivamente.

En 1942 se incorporó al Instituto Alonso Barba Manuel Lora Tamayo, al tiempo que ocupaba la cátedra de Química Orgánica de la Universidad Complutense. Entre las líneas de investigación cultivadas por Lora Tamayo en esa primera época figuraba, además de la síntesis diénica con residuos aromáticos como filodienos, a la que se dedicaba una mayor atención, otra iniciada en la Universidad de Sevilla en 1936 y cuyo objetivo era el estudio de la actividad enzimática de la fosfatasa ácida ósea. El estudio de las fosfatasas óseas, o de diverso origen, se prolongó hasta la década de los sesenta, participando en ella, además de Lora Tamayo, otros investigadores, entre los que hay que destacar a Ángel Martín Municio, quien en 1967 obtuvo la recién creada cátedra de Química Fisiológica en la Universidad Complutense de Madrid, recalificada después como de bioquímica y biología molecular. Martín Municio fue un importante referente en la bioquímica española y alcanzó una gran notoriedad como presidente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y como vicepresidente de la Real Academia Española de la Lengua.



Lora Tamayo (IQFR)

El Instituto de Química Física Antonio de Gregorio Rocasolano

En 1946 se creó el Instituto de Química Física Antonio de Gregorio Rocasolano (IQFR), que tuvo su origen principal en la sección de Química Física del Instituto Alonso Barba. Fueron sus primeros director y vicedirector Antonio Rius y Octavio R. Foz, respectivamente, y quedó constituido por las secciones de Química Física de Procesos Industriales (con sede en la Facultad de Ciencias de la Universidad Complutense), Electroquímica (ambas dirigidas por Rius), Química Física Pura (dirigida por Foz), Espectroquímica (a cargo de Juan M. López de Azcona, procedente del Instituto Alonso de Santa Cruz) y Química Física Biológica (encabezada por Ramón Portillo, con sede en la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense). A estas secciones de Madrid hay que añadir otras en universidades de provincias: Barcelona (José Ibarz y Miguel Amat), Santiago (Tomás Batuecas y Enrique Otero Aenlle), Sevilla (Luis Bru y Julián Rodríguez Velasco), Valencia (José I. Fernández Alonso) y Valladolid (Salvador Senent). Antes de analizar las líneas de investigación en Química Física relacionadas con la Biología en los primeros años del nuevo instituto creo que es pertinente hacer algún comentario sobre la persona que le dio nombre, Antonio de Gregorio Rocasolano. Fallecido en abril de 1941, fue catedrático de Química en la Universidad de Zaragoza y realizó una meritoria labor de investigación en el campo de la química coloidal y bioquímica que reunió en su libro *Estudios químico-físicos sobre la materia viva* (1917). Al crearse el CSIC fue nombrado vicepresidente del mismo, probablemente a propuesta de José María Albareda, de quien fue mentor. Rocasolano se sintió marginado por la Junta para Ampliación de Estudios y escribió, después de la Guerra Civil, furibundos artículos contra la misma y contra algunos de los miembros del Instituto Nacional de Física y Química. Tuvo el dudoso honor de presidir la Comisión Depuradora del Personal Universitario, que desposeyó de sus cátedras a un buen número de catedráticos en función de sus ideas políticas. Ciertamente la elección del nombre dado al nuevo Instituto de Química Física no fue precisamente un acierto, sino consecuencia de los tiempos que corrían, máxime a la vista de la gran personalidad de Moles, verdadero iniciador de la Química Física en España, discípulo de Wilhelm Ostwald, y conocido y respetado por los grandes nombres de la Química Física de la época, tales como Svante Arrhenius y Jacobus Van 't Hoff.

Los primeros años

En los primeros años de su andadura son escasas las investigaciones relacionadas con la Biología en el IQFR. Un estudio de Ramón Portillo y Manuel Ortega, editado en *Anales de la Real Sociedad Española de Química* en 1947 sobre el índice de proteínas en sueros mediante polarografía con el cátodo de gotas, es quizá la más temprana publicación de este tipo en la que aparece el nombre del nuevo instituto. En la sección de Espectroquímica se realizan algunos trabajos de corte analítico sobre la detección de oligoelementos en tejidos de rata, teji-

dos humanos, normales y patológicos, alimentos de origen vegetal y animal, etc., llevados a cabo por López de Azcona, en colaboración con Ángel Santos Ruiz, de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense.



En torno a la mesa se reúnen algunos de los investigadores principales del Instituto Rocasolano citados (Rius, Foz, López de Azcona, Portillo) y otras personalidades (Colección de José Luis Saiz)

Tras un viaje científico en la primavera de 1948 por Inglaterra, Francia y Suiza, y tras consultar con destacados miembros de la comunidad científica internacional, Foz concibió y llevó a cabo una planificación del instituto dando entrada a algunas de las nuevas disciplinas que se cultivaban entonces en el área de la química física y enviando a investigadores seleccionados a institutos extranjeros de prestigio, de forma que hacia 1951 se habían añadido a las ya existentes las secciones de Radioquímica (José M. Gamboa) y Espectroscopía Molecular (Jesús Morcillo). Por desdoblamiento de alguna de las anteriores se crearon luego, en 1955, las nuevas de Química Física de Superficies y Coloides (Juan Llopis), Calorimetría (Manuel Colomina), Cinética Química (María Josefa Molero), Termodinámica Química (Andrés Pérez Masiá) y Catálisis (Juan F. García de la Banda), con lo que se completó la estructura del instituto, que permaneció así hasta la incorporación de la sección de Cristalografía (Severi-

no García Blanco) en 1970, procedente del desaparecido Instituto de Física Alonso de Santa Cruz.

La década de los cincuenta

Pocas fueron también las investigaciones relacionadas con la Biología en la década de los cincuenta. La más activa en esa área fue la doctora María Domínguez Astudillo (más conocida en el instituto como la señorita Astudillo), que dirigía el Laboratorio de Radiobiología, dentro de la sección de Radioquímica, quien, junto con Gamboa, habían sido enviados al Radiochemical Laboratory de Cambridge a especializarse en esa técnica. Astudillo, en colaboración con el catedrático de Veterinaria Félix Sanz, estudió el metabolismo del azufre en aves, su distribución en sus organismos, su incorporación al huevo y a la proteína ovomucina, todo ello administrando a las mismas ^{35}S en forma de sulfato. Son también de destacar sus investigaciones sobre la composición y propiedades de la ovomucina, incluyendo estudios sobre la desnaturalización por frío y por calor de dicha proteína. Utilizando el ^{35}S como radiotrazador, Astudillo y sus colaboradores estudiaron también la fijación y movilización de azufre en el pelo y la piel de rata. Mediante el etiquetado con ^{35}S por síntesis de la sulfoniácida realizaron un estudio de la distribución del fármaco en el organismo, su absorción por distintas vías, su coeficiente de depuración urinaria y su concentración en sangre y en otros órganos.

A mediados de la década de los cincuenta, Llopis, que ya había realizado investigaciones de gran valía en el campo de la electroquímica, publicaba en colaboración con J.T. Davies del departamento de Química Física del King's College de Londres el trabajo «Surface Studies on a New Poly-aminoacid» (1955), que abría una nueva vía de investigación en el instituto, dentro del marco de la moderna bio-química-física. En dicho trabajo, Davies y Llopis estudian el comportamiento del copolímero polipeptídico $(\text{Lys-Glu-Leu-Leu})_n$ en película mono-molecular en interfases aire/agua (ácido) y aceite/agua bajo la acción de la presión superficial. El polipéptido elegido es un excelente modelo para este tipo de estudios, pues por su composición, secuencia, distribución de aminoácidos cargados y aminoácidos apolares forma mono-capas moleculares idóneas y muy estables, lo que, junto a su masa molecular conocida (~ 35 kDa), favorece de modo singular la interpretación de su comportamiento en términos teóricos. La presencia de Lys y Glu permite además investigar el comportamiento del polipéptido en forma neutra ($\text{pH} \sim 7$) o monocargado positiva ($\text{pH} < 4$) o negativamente ($\text{pH} > 8$). Los autores derivan la ecuación de estado para macromoléculas cargadas, incluyendo la repulsión electrostática intra- e inter-molecular y demuestran que los sitios en la superficie se ocupan de una forma no-aleatoria. A la vuelta de Llopis al instituto, la técnica de monocapas se incorpora como una nueva línea de trabajo, en la que participa Armando Albert en su tesis doctoral sobre *Estudios sobre monocapas de seroalbumina y [gamma] globulina (bovinas)* (1957), en la que se investiga principalmente el efecto de la temperatura y el comportamiento visco-elástico de las mismas.

Reunión científica en la sala de seminarios de la tercera planta del Instituto *Rockefeller*, c 1956.
De pie Apolo Gómez Morillas;
fumando en pipa, Antonio Rius
(colección José Luis Saiz)



La década de los sesenta

El comienzo de la década de los sesenta supone una brillantísima eclosión de trabajos de investigación en bio-química-física en la que participan miembros del instituto, si bien el desarrollo de los mismos se produce en los laboratorios internacionales que acogen a nuestros investigadores. Es el caso de Antonio Roig, quien, como consecuencia de su estancia en el departamento de Química del Massachusetts Institut of Technology (MIT) publica un importante trabajo con Michio Kurata y Walter H. Stockmeyer sobre el efecto del volumen excluido en polímeros lineales (Murata, Stockmeyer y Roig, 1961: 151-155) y, tras su estancia en la Duke University, otro importante trabajo con Krigbaum en el que exponen una teoría para disoluciones diluidas de altos polímeros (Krigbaum y Roig, 1959: 144-145). Sin embargo, la más brillante contribución de Roig fue su participación en el trabajo publicado en el *Journal of Chemical Physics*, en colaboración con Schneior Lifson, del departamento de Química de la Universidad de Harvard, titulado «On the Theory of Helix-Coil Transition in Polypeptides» (1960). El trabajo propone la evaluación de la función de partición entre los distintos estados de la transición hélice-cadena (*random-coil*) de un polipéptido utilizando coordenadas internas (ángulos de torsión de enlace) como variables, lo que introduce un tratamiento más ilustrativo de la transición que el proporcionado por anteriores propuestas como, por ejemplo, la de B. H. Zimm y J. K. Bragg (1959). Las probabilidades de aparición de estados helicoidales o *random-coil* se obtienen en forma de matrices 3×3 , y los valores propios de estas matrices proporcionan los distintos promedios moleculares como funciones del grado de polimerización, temperatura y constantes moleculares. La introducción de algunas simples hipótesis sobre la

probabilidad de que un residuo esté ligado a sus vecinos permite reducir el grado de estas matrices y hacer más simple el tratamiento del problema. Este modelo ha sido aplicado a una gran variedad de casos, que incluyen polímeros ramificados y ácidos nucleicos. La aplicación del método es especialmente elegante para el caso de los homopolímeros cuyo comportamiento mecanoestadístico puede resolverse mediante un simple análisis de valores propios. La labor de Roig se continúa a su vuelta a Madrid a lo largo de la década de los sesenta, instalándose ya en los laboratorios de la cátedra de Química Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad Complutense, donde en colaboración con Manuel Cortijo estudian y aplican la teoría de la transición hélice-cadena a polímeros de poli-L-aspartato de β -bencilo, poli-L-glutamato de γ -metilo, poli-L-glutamato de γ -bencilo y poli- ϵ -carbобензохи-L-lisina. Roig fue el iniciador de una dirección de trabajo, que podríamos denominar biofísica de polímeros, que aunque dirigida principalmente a polímeros sintéticos (en colaboración con Juan E. Figueruelo y Arturo Horta, que pertenecieron al instituto en su día) encontraron su aplicación en el campo de los polipéptidos y proteínas.

También a comienzos de la década de los sesenta Albert lleva a cabo una estancia post-doctoral en Cambridge, en el department of Colloid Science, donde en colaboración con Paley Johnson realiza estudios sobre macroglobulinas patológicas, que incluyen el aislamiento por cromatografía de un complejo grupo de picos debidos a las mismas, bien separados de otro grupo de elución más temprana, correspondiente a las globulinas del suero. En una primera parte del estudio concluyen que las macroglobulinas del suero patológico corresponden a un determinado número de diferentes estados de agregación de la misma unidad monomérica. En una segunda estudian el comportamiento de los componentes de los dos grupos frente a sueros anti-globulinas y anti-macroglobulinas producidos en conejo, concluyendo que ambos son independientes y que no existe reactividad cruzada (Albert y Jonson, 1961a y b). Es de destacar también en esa época la contribución de Juan Antonio Subirana, quien en el laboratorio de Llopis, participa en las diferentes líneas de investigación del grupo, como, por ejemplo, en la de adsorción de cationes alquil-amonio y su efecto sobre monocapas, aunque su principal contribución fue la de proponer, junto a Llopis, una ecuación de estado para monocapas de polímeros lineales, que se publicó en el *Journal of Polymer Science* (Llopis y Subirana, 1961: 113-120). A mediados de la década de los sesenta, se inició en ese laboratorio una línea de trabajo sobre tripsina, fibrinógeno y su receptor, con el objetivo de adentrarse en el conocimiento del complicado proceso de la coagulación sanguínea, que se extiende prácticamente hasta nuestros días y en la que han colaborado un gran número de investigadores. La primera tesis doctoral sobre el tema data de 1963 (Francisco García de Luelmo: *Desnaturalización del fibrinógeno en superficies*), y el primer trabajo con el mismo título se publica en los *Anales de la Real Sociedad Española de Química* en 1967. Como consecuencia de distintos viajes y estancias de Albert en laboratorios europeos, se procede a la selección de nuevas técnicas para ser instaladas en los de la sección, como sucede con la ultracentrifugación y con la dispersión de luz. Esta última técnica se aplica al estudio de la asociación de tripsina.



Ultracentrífuga del Instituto de Química y Física del CSIC (IQFR)

En el Laboratorio de Radiobiología la señorita Astudillo y sus colaboradores prosiguen con los estudios sobre la incorporación de azufre radiactivo a proteínas a través de cisteínas y su posible aplicación como procedimiento de diagnóstico (tesis doctoral de Consuelo López Zumel), investigaciones que se extienden al análisis del transporte de iones $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ a través de membranas biológicas, intestino o piel de rana. En una ampliación de anteriores estudios examinan la incorporación y distribución de Zn^{2+} radiactivo en queratinas y melaninas del pelo de rata, así como su presencia en proteínas séricas y su transporte a eritrocitos (tesis doctoral de Ángel Goicoechea: *Interacción del Zn^{2+} con las proteínas sanguíneas: estudio con ^{65}Zn y agentes complejantes*, 1962). Fue en esta década de los sesenta cuando el grupo inició algunas de sus líneas de trabajo más clásicas: la de radio-sensibilización y radio-protección y la del efecto de las radiaciones sobre alimentos, micro-organismos y proteínas constituyentes (como ejemplos citaremos las tesis doctorales de María Victoria Álvarez: *Propiedades radio-protectoras de derivados del núcleo de imidazol* y de Ernesto Funes: *Efectos de la radiación γ en el aceite de oliva*).

A final de la década de los sesenta el departamento de Espectroscopía Molecular decide enviar a Fernando Castaño a la Universidad de East Anglia, donde bajo la dirección de S. F. Mason se iniciaría en las aplicaciones de la espectroscopía UV y visible, y dicroísmo circular a problemas de interés biológico. Castaño publica un artículo sobre la determinación de tiempos de relajación y parámetros de relajación de ADN a partir del análisis de la cinética del cambio en el dicroísmo circular de una disolución del mismo en régimen de flujo, cuando se procede a la suspensión del flujo. De vuelta a España inicia dos nuevas líneas de

investigación, una sobre la desnaturalización de ADN, monitorizada por dicroísmo circular y otra sobre el comportamiento espectroscópico de las mesofases colestéricas y su papel en mecanismos de transducción de energía, que se extiende hasta 1973, año en el que Castaño obtiene la cátedra de Espectroscopía de la Universidad del País Vasco.

La década de los setenta

Al comienzo de la década de los setenta, Roig y Cortijo prosiguen sus trabajos de investigación en el campo de los polipéptidos con la co-dirección de la tesis de Francisco García Blanco: *Transición hélice-cadena estadística de co-polipéptidos* (1979), en la que se estudia dicha transición en el caso del poli-L-glutamato- γ -bencilo-co-glutamato- γ -metilo, encontrando que la teoría se aplica también al caso de los co-poli-péptidos, si bien los parámetros que definen la transición no coinciden con los de los homo-polímeros, debido al efecto de las cadenas laterales sobre la estabilidad de la hélice.

En 1972 se produce la temprana muerte de Llopis, en plena madurez, dejando atrás una valiosa y abundante obra científica, tanto en el campo de la electroquímica, como en el de la química física de superficies. La categoría científica de Llopis era reconocida por toda la comunidad científica española, incluidos los miembros del instituto, del que llegó a ser director en sus últimos años. En 1974, la junta de instituto elige como director a Manuel Colomina, y en 1977, cuando el cargo se decide ya por sufragio de todos los miembros del claustro, formado por el personal científico de carrera, tras una ajustadísima votación, resultó electo José Herranz, frente a José Miguel Gamboa. El equipo directivo se completó con Fernán Alonso Matthias y Francisco Colom, como vicedirector y secretario respectivamente. Con esta ocasión dejan de pertenecer al instituto Jesús Morcillo y Mateo Díaz, catedráticos en la Universidad Complutense, que habían continuado adscritos al mismo después de conseguir sus cátedras. Dos años después Herranz dimite como director y accede al puesto Colom.

También a comienzos de la década de los setenta Albert realiza como investigador invitado una estancia en el Laboratorio de Bioquímica del National Heart and Lung Institute en Bethesda (Estados Unidos) para estudiar los resultados de la conjugación de grupos dansilo con fibrinógeno bovino. La proteína acepta hasta 36 moles del colorante, pero sólo la conjugación de los primeros 6-8 grupos mantiene las propiedades químico-físicas de la molécula nativa. Los grupos dansilo entran en tirosinas y también en lisinas, lo que sugiere que dichos grupos se encuentran en posiciones específicas bien determinadas. La sección de Química Física de Superficies y Coloides, a la que incorporaron Pilar Usobiaga y José Luis Saiz, continúa con sus estudios de tipo fundamental sobre el fibrinógeno, investigando el efecto del agua oxigenada, los iones Ca^{2+} y los ultrasonidos sobre la estabilidad del mismo. Es de destacar la investigación en la que estudian la digestión con tripsina del fibrinógeno a distintos tiempos de incubación. La determinación de las masas moleculares de los fragmentos



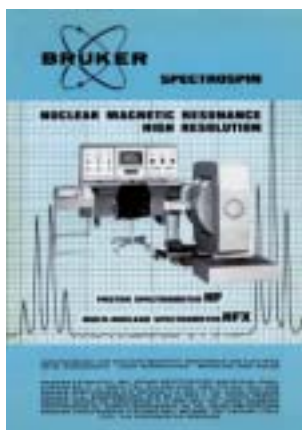
Llópis, en su laboratorio del edificio *Rockefeller*, delante de la ventana y, junto a él, de derecha a izquierda, Luis Arizmendi, Fernán A. Mathias y José Mateos Álvarez (Colección de José Luis Saiz)

resultantes les permite proponer un mecanismo cinético sobre la base de un modelo tri-nodular de la molécula de fibrinógeno, en el que un nódulo central se conecta a dos nódulos laterales mediante dos segmentos susceptibles de ser escindidos enzimáticamente. Paralelamente se inicia un estudio de monocapas de poli-L-aminoácidos que contienen azufre, entre los que se incluyen poli-metionina, poli-S-bencil-metionina y S-carboxi-metionina. En 1975 se incorpora a este grupo el doctor José González, que pone en marcha un proyecto innovador sobre la fotoproteína bacteriorrodopsina. Esta proteína se aislaba de la membrana púrpura de la arqueobacteria *H. halobium*, cuyo cultivo se puso a punto en el instituto con la eficaz ayuda de Saíz. Poco tiempo después, González introduce también la investigación del mecanismo de agregación de plaqueta humana, por lo que a finales de la década el instituto disponía por primera vez de sus propios laboratorios para el cultivo y/o manipulación de organismos celulares procariontes y eucariotes.

En la segunda mitad de la década de los setenta, distintos departamentos se plantean enviar a algunos de sus miembros a especializarse en técnicas químico-físicas de aplicación a problemas biológicos. Entre dichos departamentos se cuentan los de Espectroscopía Molecular, Calorimetría y Catálisis. En el primero de ellos esa iniciativa se produce por dos caminos independientes: Ernesto Gallego es aceptado por Manfred Eigen, reciente premio Nobel de Química por sus trabajos sobre relajación química, para trabajar en su laboratorio de Göttingen, y Jorge Santoro marcha a Münster, con Heinz Rüterjans, para iniciarse en las aplicaciones de la espectroscopía de resonancia magnética molecular (RMN) de alto campo (270 MHz) al estudio de la estructura de proteínas. Fruto de estas estancias fue un conjunto de publicaciones de interés y de gran nivel en relación

a lo editado en la época. Así, Gallego escribe con Kirschner y sus colaboradores un estudio sobre la unión co-operativa del dinucleotido-adenin-nicotinamida a la gliceraldehido-3-fosfato de levadura, utilizando medidas en equilibrio y medidas cinéticas obtenidas mediante la técnica de salto de temperatura. Santoro, por su parte, aplica la técnica de RMN de alto campo, observando el núcleo de ^{13}C , a la ribonucleasa de páncreas bovino estudiando, en particular, algunos aspectos de su actividad enzimática, mediante la derivatización química de una de las histidinas que intervienen en la catálisis y, por otro lado, analizando las variaciones espectrales producidas por un cambio conformacional dependiente del pH.

Para familiarizarse con las técnicas microcalorimétricas aplicadas al estudio de la desnaturalización de proteínas y unión a ligandos, se desplazó a la división de Termoquímica de la Universidad de Lund, José Laynez, del departamento de Calorimetría, en donde trabajó, bajo la dirección de Ingemar Waltö, sobre la termodinámica de unión de ligandos a lisozima. A su vuelta a España, inició una línea de investigación en torno a la fosforilasa b de músculo de conejo, cuyos primeros resultados dieron lugar a la tesis doctoral de Carlos Gutiérrez Merino (1976). En dichos trabajos se estudiaron distintos aspectos de la estructura, estabilidad y actividad enzimática de la proteína, tales como la dependencia crítica de su desnaturalización térmica con la concentración, su tetramerización inducida por AMP, los efectos del glicógeno sobre las interacciones de la enzima con fosfato y 5»-AMP, la generación de sitios de ligadura *via* estados intermedios y, en general, la termodinámica de la unión de AMP y análogos a la enzima. Un total de ocho publicaciones en el periodo 1976-1980, fueron el fruto de estos trabajos, en los que intervino también de forma sostenida García Blanco.



Espectrómetro de RNM de Burker de los años sesenta. A la izquierda montaje fotográfico de la sala de RNM (IQFR)

En el departamento de Catálisis, Antonio Ballesteros se desplazó al Laboratorio de Química Biológica del National Institut of Health (NIH), Bethesda (Estados Unidos), donde trabajó sobre el mecanismo de la biosíntesis de histidina en sus primeros pasos bajo la supervisión de Robert F. Goldberger. A su vuelta creó

una nueva línea de investigación sobre biocatálisis, que se cultiva hasta nuestros días en la nueva sede del Instituto de Catálisis, en el campus de la Universidad Autónoma de Madrid, donde se trasladó en 1972. El Laboratorio de Radiobiología continuó sus investigaciones sobre radiosensibilizantes y radioprotectores, así como con el estudio del transporte de iones a través de membranas biológicas y el efecto sobre dicho transporte de radiaciones, principalmente rayos X. Es de destacar la iniciativa de correlacionar la radiosensibilización química con la afinidad electrónica de los compuestos utilizados con ese fin, quinonas y glioxales.

La década de los ochenta

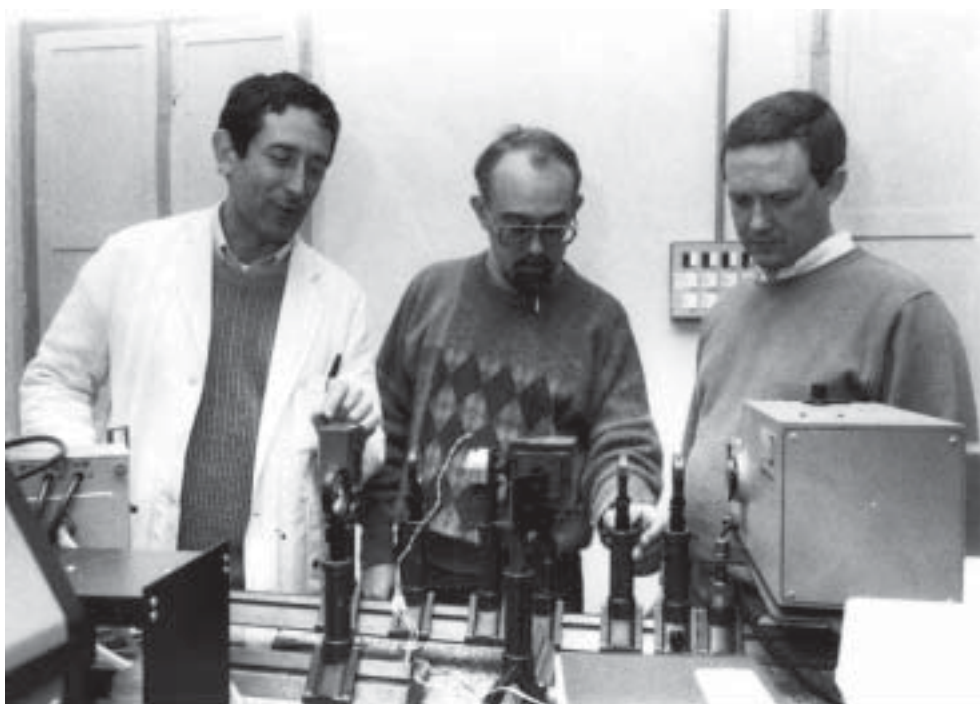
En 1979 se produce una reorganización del instituto, que se constituye en ocho unidades estructurales, muchas de ellas resultado de una conversión de los antiguos departamentos, con la novedad de que se crea una de ellas, denominada de Química Física de Macromoléculas Biológicas, que reúne a miembros de los antiguos departamentos de Química Física de Superficie y Coloides (con las incorporaciones de Teresa Díaz-Mauriño y José González), de Cinetoquímica (A. Ulises Acuña) y de Calorimetría (Margarita Menéndez), y del Laboratorio de Radiobiología (Consuelo López Zumel y María Victoria Álvarez), que desaparece. El equipo directivo lo forman Francisco Colom, José Luis Sainz y Consuelo López Zumel, como director, vicedirector y secretaria respectivamente. El departamento de Espectroscopía Molecular se incorpora al Instituto de Estructura de la Materia, permaneciendo en sus despachos y laboratorios del edificio *Rockefeller*.

La creación de una unidad estructural con la denominación de Química Física de Macromoléculas Biológicas demuestra el creciente interés entre los científicos del instituto por enfocar sus investigaciones a problemas biológicos. Durante la década de los ochenta esta unidad se muestra especialmente activa. Laynez y Menéndez continúan con el tema de la fosforilasa, su unión a AMP, su unión a inhibidores, estudios cinéticos y termodinámicos de la asociación y disociación de sus oligómeros y el análisis de sus cambios conformacionales. Emprenden, asimismo, dos nuevas líneas de investigación: termoquímica de la interacción de antibióticos que se unen a la pared celular de las bacterias con componentes de las mismas, y estudio de la unión de distintos efectores a tubulina. Esta última dirección de trabajo, en colaboración con José Manuel Andreu, del Centro de Investigaciones Biológicas, se extenderá en el tiempo hasta nuestros días.

El grupo de Albert continúa en esta década trabajando sobre el tema del fibrinógeno, con las incorporaciones de Teresa Díaz-Mauriño y Dolores Solís, sobre quienes recae principalmente el trabajo que se lleva a cabo en el grupo. Así estudian la interacción de plasminógeno-fibrina y plasminógeno-plasmina durante el proceso de fibrinólisis, y la interacción de fibrinógeno y asialofibrinógeno con concanavalina A a través de los grupos siálicos del mismo. Analizando la cinética de pérdida de ácido siálico, al tratar al fibrinógeno con neuroaminidasa, detectan dos sitios de anclaje con muy distinta velocidad de reacción: los rápi-

dos se asignan a grupos siálicos en la cadena β y los lentos a los de la cadena γ . La coagulación se incrementa con la pérdida de ácido siálico, independientemente de su localización en una u otra cadena. En los años finales de la década el grupo deriva hacia la utilización de otras lectinas, ricina entre ellas, para la caracterización, purificación y fragmentación de fibrinógeno y, en general, para el estudio de la interacción de proteínas con mono- di- y oligo-sacáridos.

La caracterización de las glicoproteínas de membrana de plaquetas, GPIIb y GPIIIa, componentes del receptor de fibrinógeno en la membrana plasmática de las plaquetas, iniciado en la década anterior, cobra en los ochenta gran auge con las tesis doctorales de Teresa Eirín, Juan José Calvete y Germán Rivas, dirigidas por José González. En ellas se proponen nuevos procedimientos de aislamiento y purificación de esas proteínas y de sus cadenas constituyentes y se caracterizan bioquímica y químicofísicamente distintos aspectos de su composición y de su estructura. Es de destacar que en 1980 González, con la eficaz colaboración de María Victoria Álvarez, consigue poner en marcha en el instituto la producción de anticuerpos monoclonales frente GPIIb, GPIIIa y fibrinógeno, para la caracterización estructural y funcional de dichas proteínas.



Laboratorio de Acuña (con bata) en el edificio *Rockefeller*. Junto a él, a la derecha, Ángel Costela y Javier Catalán (IQFR)

González comienza junto a Acuña un proyecto de transducción de energía en *H. halobium*, en la que se analizan por fluorescencia en el ultravioleta las propiedades químico-físicas de la membrana púrpura y, en concreto, la orientación y disposición del retinal y la bacterio-rodopsina en la misma. Ambos docto-

res exploran, además, las posibilidades de la polarización de fluorescencia con resolución temporal de ns (tesis doctoral de Pilar Lillo, 1985) y de la espectroscopia láser de polarización de tripletes (tesis de José Miguel Montejo, 1989) en la descripción de la difusión rotacional de macromoléculas, así como las de la espectroscopia de fluorescencia resuelta en el tiempo en el estudio de la estructura y dinámica de biomembranas (tesis de Carmen Reyes Mateo). Realizan un primer estudio sobre fibrinógeno humano, en el que examinan la dinámica molecular de la proteína a la que se habían unido covalentemente dos sondas cromóforas fluorescentes. La despolarización de la fluorescencia de estas dos sondas ha de explicarse en términos de los procesos de reorientación de las mismas en el intervalo de los micro- y nano-segundos. Los movimientos más rápidos se asignan a movimientos de las etiquetas fluorescentes, mientras que los más lentos se adscriben a una rotación global del fibrinógeno. Del estudio concluyen que la proteína en disolución aparece como una estructura considerablemente rígida en el intervalo de 10-10000 ns, en contraste con una propuesta previa en la que se encontraba alguna flexibilidad segmental. Estos hechos se confirman por estudios de dicroísmo utilizando espectroscopía láser y sondas de tripletes. A partir de los datos de rotación global, los autores proponen que la proteína se comporta difusivamente como un elipsoide prolato simétrico de $47 \times 47 \times 10.5$ nm. Esta estructura rígida y profusamente hidratada (4 g de agua/g de proteína) es compatible con datos previos obtenidos por microscopía electrónica y permite seleccionar un mecanismo específico para la formación de fibrina.

A principios de los ochenta, con la adquisición e instalación de un nuevo espectrómetro de 360 MHz, el departamento de Estructura Molecular y Espectroscopia concentra su actividad científica en el estudio de la estructura y conformación de péptidos. El departamento estaba formado por Manuel Rico, José Herranz, Ernesto Gallego, José Luis Nieto y Jorge Santoro. Una de sus más importantes contribuciones científicas es la de haber demostrado experimentalmente la presencia de poblaciones significativas de hélice- α en péptidos lineales, para los que los modelos de transición hélice-cadena predecían poblaciones despreciables. Lo importante, además, era que la hélice se extendía en el péptido aislado (S-péptido, fragmento 1-19 de ribonucleasa) a los mismos residuos que en la proteína completa. La tendencia intrínseca de los distintos aminoácidos a formar estructuras secundarias podía verse reforzada por la presencia de interacciones favorables entre cadena laterales. El trabajo «Thermodynamic Parameters for the Helix-coil Transition of Ribonuclease S-peptide and Derivatives from ^1H NMR Data» publicado en 1986, tuvo una gran repercusión internacional (Rico *et al.*, 1986). Para comprobar si este comportamiento era una característica general o se trataba de un caso particular, se extendió este estudio a otros fragmentos de ribonucleasa que adoptan la conformación de hélice en la proteína nativa (tesis doctoral de María Ángeles Jiménez, 1986) y a los de otras proteínas, concluyéndose que todos muestran una propensión apreciable a formar conformaciones helicoidales en disolución acuosa.

El Laboratorio de Radiobiología, antes de su disolución e incorporación de sus miembros al departamento de Química Física de Macromoléculas Biológicas, continuó con sus investigaciones sobre radiosensibilización y radioprotec-

ción, estudiando las modificaciones introducidas en la síntesis y reparación del ADN de determinados agentes, como complejos de Co^{2+} , compuestos de cis-Pt y sales de imidazolio y piridinio.

La década de los noventa

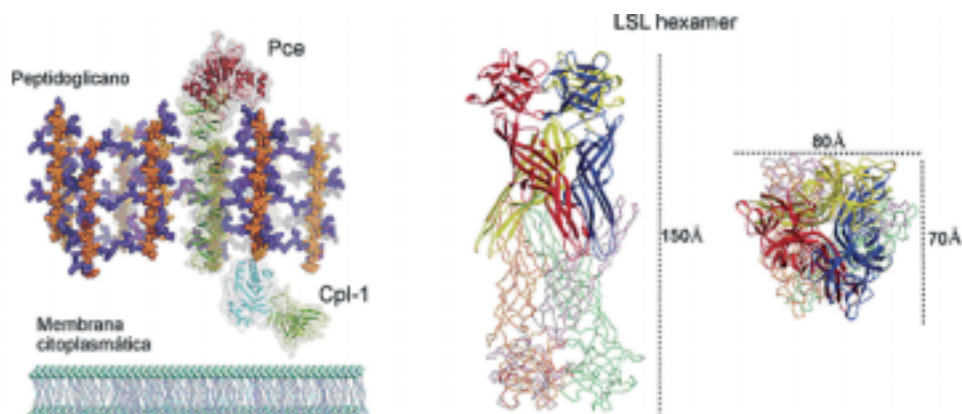
La década de los noventa se caracteriza por una nueva re-estructuración del Instituto de Química Física, llevada a cabo en 1992-1993 por el director en funciones, Acuña, que supone una gran reorganización de espacios dentro del edificio *Rockefeller*. En 1993 se procede a la elección de nuevo director y es elegido José Antonio García Domínguez.

A principios de la década tiene lugar la entrada en el área de Bio-Química-Física de un grupo de investigadores del departamento de Cristalografía. Así, en 1993 se aprueba por parte de la presidencia del CSIC una ayuda especial para la puesta en marcha del grupo con financiación instrumental incluida, concedida a Martín Martínez Ripoll. Bien es verdad que en años anteriores diversos miembros del departamento habían caracterizado estructuralmente moléculas de interés biológico, tales como sustratos, análogos de sustratos, inhibidores, antibióticos, análogos de nucleósidos de posible acción antitumoral, distintos tipos de moléculas orgánicas activas farmacológicamente, etc. Sin embargo, todas ellas eran de una masa molecular limitada. La primera proteína cuya estructura se determina por un miembro del grupo es la amicianina, una metalo-proteína azul de cobre, llevada a cabo por Antonio Romero en el laboratorio de Robert Huber en el Max-Planck Institut für Biochemie en Martinsried (Alemania).

Otros miembros del grupo se especializan en el campo de la determinación de estructuras cristalinas de proteínas en distintos laboratorios internacionales de sobresaliente ejecución. Así Juan Hermoso se incorpora al grupo después de una estancia post-doctoral en el Institut de Biologie Structural de Grenoble (Francia) y Julia Sanz-Aparicio realiza otra en el Birbeck College de Londres con Tom Blundell. Más tarde, Albert marcha primero al Birbeck y después a Cambridge (Reino Unido), también con Blundell. Romero, antes de trasladarse al Centro de Investigaciones Biológicas (CIB) del CSIC, determina, en colaboración con Calvete, la estructura de cuatro espermadhesinas, proteínas del plasma seminal porcino.

Hermoso publica, en colaboración con sus colegas franceses, una serie de trabajos sobre la estructura de la lipasa pancreática porcina y la de los complejos lipasa-colipasa, sobre la activación de éstos por micelas, empleando difracción de neutrones, y sobre la utilización de mutantes en la descripción de la actividad catalítica de la enzima. Sanz-Aparicio, en colaboración con otros miembros del grupo, lleva a cabo la determinación de la estructura de una β -glucosidasa A bacteriana y de un mutante puntual, obteniendo información acerca de su estabilidad térmica y de la actividad catalítica, en general, de la familia de glicosilhidrolasas. También abordan la determinación de la estructura tetramérica de la adenosil-transferasa de metionina de hígado de rata, en la que cartografían

(Izquierda) estructura tridimensional de las CPPS Pce y Cpl-1 unidas a la pared celular del Neumococo (Hermoso *et al.*, 2005: 534). (Derecha) estructura oligomérica de la lectina hemolítica LSD (IQFR)



en detalle el sitio de unión de la metionina a la enzima. Albert publica, entre otras, la estructura de la aspartato decarboxilasa y comenta con Blundell y otros colaboradores la presencia de esta estructura, del tipo lámina β compuesta por seis hebras β en forma de barril con un pseudo eje binario de simetría, en muy distintos tipos de proteínas, concluyendo que todas pueden proceder de un ancestro común homodimérico (Albert *et al.*, 1998: 289-293, y Bundell *et al.*, 1997: 483-489). Es de destacar, a finales de la década, el comienzo de la colaboración del grupo con el de Carlos Gómez-Moreno, de la Universidad de Zaragoza, sobre la estructura de proteínas de la cadena de transferencia electrónica (ferredoxina, ferredoxina-NADP-reductase, flavodoxina), investigación que se prolonga hasta nuestros días.

En el departamento de Estructura Molecular y Espectroscopia se sigue investigando la formación de estructuras por parte de péptidos lineales. En un estudio de un fragmento de la proteína tendamistat se observaron indicios de la formación de la horquilla β nativa, lo que se confirmó con el diseño *ad hoc* de un péptido, para el que se obtuvieron poblaciones muy significativas de dicha estructura. El trabajo de Francisco Blanco *et al.* (1993), «NMR Evidence of a Short Linear Peptide that Folds into a β -hairpin in Aqueous Solution», publicado en el *Journal of the American Chemical Society*, correspondiente a la tesis doctoral de Blanco (1992), tuvo una gran repercusión internacional, por ser la primera vez que se había detectado la formación de una estructura de este tipo por parte de un péptido lineal corto (quince residuos). El hallazgo de que unas pocas interacciones entre cadenas laterales pueden forzar la adopción de estructuras definidas por parte de péptidos lineales contribuyó a validar la teoría de plegamiento denominada de nucleación-difusión-colisión, que requería poblaciones significativas de estructuras nucleadas para que el plegamiento pudiera tener lugar en tiempo razonable (del orden de segundos o inferior). El análisis de las propensiones de fragmentos de proteínas a formar las distintas estructuras secundarias es hoy un método bien establecido para la caracterización de las primeras etapas del plegamiento de proteínas.

A mediados de los ochenta el grupo de Kurt Wüthrich, del Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) de Zúrich, desarrolla métodos para la determina-

definición (tesis doctoral de Carlos González, 1991). Era la primera estructura tridimensional a nivel atómico de una proteína obtenida en España por métodos de RMN. Este trabajo se completó después con la determinación de la estructura de complejos de la enzima con dos de sus inhibidores. Al final de la década se obtuvieron los primeros resultados conducentes a la caracterización estructural de la α -sarcina, una proteína citotóxica que inactiva el ribosoma, con lo que se inició una nueva línea de investigación en colaboración con el departamento de Bioquímica y Biología Molecular de la Universidad Complutense.

Con relación al problema del plegamiento, merecen destacarse los trabajos del grupo sobre la utilización del intercambio de los protones amídicos con los deuterones del disolvente con el objetivo de describir la dinámica interna de las proteínas, lo que se aplicó a la ribonucleasa (tesis doctoral de José Luis Neira, 1982) y a la proteína transductora de señales CheY. También han de mencionarse los estudios sobre la estructura, termodinámica y cinética del plegamiento de la cro proteína del fago 434, una proteína modelo, llevados a cabo por Subramanian Padmanabhan en colaboración con otros miembros del grupo. Además de la actividad indicada más arriba, en el grupo se resolvieron otras muchas estructuras de proteínas, tales como las del factor de crecimiento del fibroblasto y de sus complejos con distintos efectores (en colaboración con Guillermo Gallego del CIB), proteínas alergénicas de origen vegetal, proteínas ribosómicas, etc., así como nuevas estructuras de ácidos nucleicos, todas ellas en colaboración con destacados grupos de investigación nacionales e internacionales. En esta década obtienen plaza de científico titular María Ángeles Jiménez, Marta Bruix y Carlos González, y se jubilan José Herranz y Ernesto Gallego. Lamentablemente, José Luis Nieto, que fue el principal motor del trabajo sobre péptidos, fallece en 1995, cuando se encontraba en su etapa científica más brillante.

Acuña, integrado en la nueva unidad estructural de Biofísica, con nueva instrumentación láser con resolución de picosegundos, explora las aplicaciones de las técnicas de despolarización de fluorescencia a la determinación del orden, fluidez y heterogeneidad lateral de membranas biológicas. Estas técnicas, y las recientemente desarrolladas de despolarización de fosforescencia inducida por láser, se aplican al estudio de la movilidad rotacional de la integrina GPIIb/GPIIIa y de otras proteínas. El grupo continúa con la utilización de sondas hidrofóbicas fluorescentes para obtener información acerca de las propiedades dinámicas de las membranas a partir de la determinación de su distribución y velocidad de difusión en el interior de las mismas. Asimismo, Acuña inicia el diseño y síntesis de nuevas sondas de membrana y etiquetas fluorescentes, en colaboración con el doctor Francisco Amat del Instituto de Química Orgánica del CSIC. Entre ellas, destacan la obtención de derivados fluorescentes del fármaco anticanceroso taxol, diseñados para obtener información acerca del mecanismo de acción de dicho fármaco. Lillo investiga en la Universidad de Vanderbilt (Tennessee) las posibilidades de la transferencia de energía entre sondas fluorescentes y su aplicación a la determinación de estructuras de intermediarios en el plegamiento de la fosfoglicerato quinasa. A su regreso al instituto, utiliza estos métodos para estudios de dinámica y conformación de un numeroso grupo de proteínas diferentes.

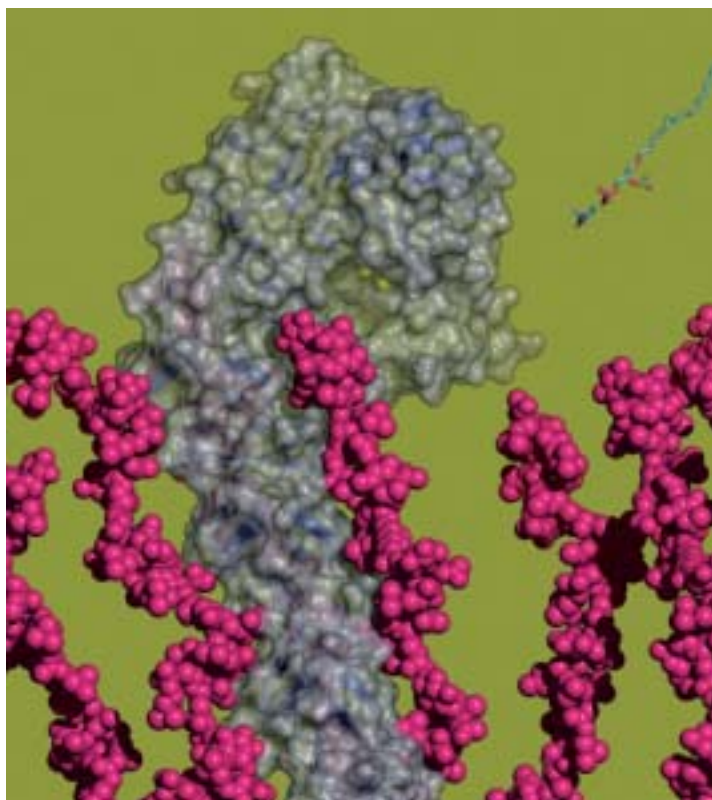


Laboratorio de Biofísica del Instituto de Química Física del CSIC, con el espectrómetro de fluorescencia inducida por láser con resolución temporal de picosegundos y otros equipos de trabajo (IQFR)

Prosigue en esta década la caracterización de la integrina GPIIb/GPIIIa receptora del fibrinógeno humano, con ayuda de los progresos que van produciéndose en la determinación de la estructura a nivel atómico de algunos de sus sub-unidades o cadenas componentes por difracción de rayos X. José González y colaboradores estudian el efecto de la presencia de lípidos y de la temperatura sobre la ligadura del Ca^{2+} por parte del complejo, así como los efectos del Ca^{2+} y la temperatura sobre su estabilidad. Obtienen información parcial de utilidad acerca de la estructura del complejo, como, por ejemplo, el patrón de puentes disulfuro en GPIIa, las secuencias implicadas en las interfases entre cadenas y entre sub-unidades por digestión proteolítica controlada, la caracterización de los entrecruzamientos con el empleo de los péptidos involucrados, así como la caracterización de los sitios de O- y N-glicosilación, utilizando espectrometría de masas. La utilización de anticuerpos monoclonales se muestra especialmente útil en la determinación de algunos aspectos estructurales de la integrina GPIIb/GPIIIa como puedan ser la descripción de la topografía de GPIIb con la detección de las zonas de interacción con GPIIIa y fibrinógeno, así como la obtención *in vivo* de un mapa anti-trombosis del N-terminal de GPIIb. La caracterización estructural y bioquímica-física se amplía en esta década con estudios clínicos, en los que se plantea el bloqueo y la inhibición de la hiperplasia mediante el empleo de anticuerpos monoclonales.

El grupo de González recibe un valioso refuerzo con la vuelta al laboratorio de Calvete después de su estancia en el Institut für Reproduktionsmedizin de

Hannover. Calvete participa en muchos de los trabajos sobre la integrina receptora de fibrinógeno e inicia una nueva línea de investigación sobre la caracterización estructural y funcional de espermadhesinas, proteínas del plasma seminal porcino, y sobre su papel en el proceso de fertilización, una línea que posteriormente extiende al bovino y equino. A lo largo de la década de los noventa publica más de 40 trabajos sobre el tema, que incluyen el aislamiento y purificación a gran escala de un gran número de esas glicoproteínas, la determinación de sus estructuras primarias, sitios de glicosilación, el patrón de sus puentes disulfuro, la determinación de epítomos frente a anticuerpos monoclonales, inmunolocalización y cuantificación de las mismas en las glándulas sexuales etc. Asimismo, analiza la organización estructural y la estabilidad térmica de alguna de esas proteínas, para terminar abordando la determinación de su estructura a nivel atómico, tanto en el cristal por difracción de rayos X (en colaboración con Antonio Romero), como en disolución por RMN. Las espermadhesinas son proteínas multifuncionales que muestran un amplio rango de posibilidades de unión, ya sea a carbohidratos, glicosaminoglicanos, fosfolípidos e inhibidores de proteasas, que, de acuerdo con los autores, les facilitan su intervención en una secuencia de etapas dentro del proceso de fertilización. Antes de su traslado al Instituto de Biomedicina de Valencia en 1998, Calvete comienza a interesarse por la estructura y función de los venenos de serpiente, en su papel como desintegrinas o inhibidores de la agregación de plaquetas.



Estructura tridimensional de la Fosforilcolin esterasa de *Streptococcus pneumoniae*, Pce, antes de hidrolizar la molécula PAF (Hermoso et al., 2005: 533-538)

Layne y Menéndez continúan sus trabajos sobre β -lactamasas, incluyendo el estudio de su desnaturalización térmica y la interacción de la enzima con cefaminas. En el tema de las tubulinas estudian el efecto de un ion Mg^{2+} enlazado al sitio N del nucleótido sobre la estabilidad del dímero de tubulina, así como la ligadura de una droga antimitótica al sitio de la colchicina. Asimismo comienzan una nueva línea de trabajo, en colaboración con José Luis García, del CIB, sobre la organización estructural de la principal autolisina del *Streptococcus pneumoniae*, una proteína con segmentos repetidos que se une a colina. En estos primeros estudios, caracterizan estructuralmente a la proteína, en presencia y ausencia de colina, y discuten sobre el papel de los segmentos repetidos en la ligadura de colina.

Los últimos años

En los seis últimos años, ya en el siglo XXI, se produce un gran crecimiento en las contribuciones científicas en el área de la bio-química-física de los grupos especializados en la determinación de estructuras a nivel atómico de proteínas y ácidos nucleicos, concretamente el de Cristalografía Macromolecular y Biología Estructural del departamento de Cristalografía, y el de RMN del departamento de Espectroscopia y Estructura Molecular, utilizando, respectivamente las técnicas de difracción de rayos X y espectroscopia de RMN. Es de destacar que este último departamento vuelve a unirse al Instituto de Química Física en el año 2002. En ese mismo año, entra como directora Margarita Martín Muñoz y en los dos siguientes se acondiciona y pasa a depender del instituto el antiguo edificio de la imprenta del CSIC, en donde se albergarían los espectrómetros de RMN, en especial el nuevo equipo de 800 MHz. En 2006 accede a la dirección Enrique Lomba.

Una de las principales líneas de investigación del grupo de Cristalografía Macromolecular y Biología Estructural es la que se refiere a la cadena de proteínas de transferencia de electrones de las algas azules, en concreto de *Anabaena*, en la que se pretende profundizar en el mecanismo de dicha transferencia sobre la base de la estructura cristalina de una de las proteínas que intervienen en el proceso, investigación en colaboración con el grupo del departamento de Bioquímica y Biología Molecular y Celular de la Universidad de Zaragoza, dirigido por Gómez-Moreno. Dentro de ese estudio determinan la estructura de la proteína libre y del complejo con la coenzima NADP (siglas en inglés de nicotinamide adenosyl di-phosphonucleotide), así como la de varios mutantes del sitio activo de la propia enzima, lo que permite a los autores describir en detalle el papel de los residuos mutados (Glu-139 y Glu301) en la ligadura del sustrato y en la catálisis. Las estructuras de diversos mutantes de Lys-72 y Lys-75 proporciona una valiosa información para proponer un modelo para la estructura de la cadena ferredoxina, ferredoxina-NADP-reductasa y flavodoxina, que ilustra el mecanismo de transferencia de electrones a lo largo de la cadena. El grupo continúa trabajando sobre lipasas, en particular, sobre distintas isoenzimas, sobre el papel

de la flexibilidad conformacional en relación a su dimerización y cinética de reacción, sobre su activación en micelas y sobre su inmovilización en columnas para ser utilizadas a mayores escalas.

A partir de las estructuras cristalinas de los complejos de la metionina adenosil transferasa de hígado de rata con análogos de sustratos y ATP, los miembros del grupo determinan cómo se reconocen ambos en el sitio activo de la enzima y sobre esa base describen el posible sitio de unión de la S-adenosil-metionina, producto de la reacción catalítica. Con toda la información recogida del análisis de los complejos postulan un mecanismo de acción para esta familia de enzimas, en el que Lys 182 juega un papel clave en asegurar el posicionamiento correcto de los sustratos y Asp 135 contribuye a la estabilización del ion sulfonio formado por atracción electrostática.

Por otra parte, en colaboración con Margarita Menéndez y José Luis García (CIB) determinan la estructura de la endolisina de un fago que infecta al *Streptomyces pneumoniae* y estudian el reconocimiento selectivo de la pared celular por la endolisina modular. En colaboración con los mismos investigadores, obtienen nueva información acerca de la función de la fosforil-colina estearasa (Pce) en el proceso de adherencia e invasividad de los pneumococos, a partir de la estructura encontrada en el cristal, que presenta un módulo globular N-terminal con un centro catalítico bi-nuclear de Zn^{2+} junto a un módulo alargado que se une a la colina. En la misma línea, determinan la estructura de la feruloil esterasa, una enzima producida por micro-organismos para atacar la pared celular de células vegetales. También cristalizan y determinan la estructura de lectinas y, con la entrada en el grupo de José Miguel Mancheño, comienzan a interesarse por proteínas formadoras de poros en membranas, tales como la actinoporina sticholisina II, para la que estudian su estructura por difracción de rayos X y microscopía electrónica, obteniendo información útil acerca de su oligomerización y de la etapa de reconocimiento de la membrana.



Oligomerización: estructura tetracatenaria del complejo formado por dos oligonucleótidos cíclicos junto con un modelo de la interacción entre uno de ellos y el ADN celular, parte del trabajo de Escaja et al. (2006): 4.035-4.042

Albert y colaboradores, se interesan por el efecto del *stress* salino en plantas. En su virtud, determinan la estructura de una de las proteínas (SOS3) participante en la llamada trayectoria SOS (salt overly sensitive) para la homeostasis del ión Na^+ bajo condiciones de *stress* salino. La estructura de SOS3 y la de su complejo con otra de las proteínas de la cadena, SOS2, prometen clarificar algunos aspectos del proceso de tolerancia a la sal, como pueda ser el papel del ion Ca^{2+} como promotor de la dimerización de SOS3, lo que conduce a un cambio en la forma global de la proteína y de sus propiedades superficiales, suficientes como para transmitir la señal de *stress* salino, así como el papel del complejo SOS3-SOS2 en la activación de SOS1, una proteína antiportadora Na^+/H^+ de la membrana plasmática.

El grupo participa en colaboraciones parciales con otros investigadores en bioquímica y biología molecular, colaboraciones que van desde la caracterización de parvovirus de ratón hasta la determinación de la estructura de la proteína organizadora de la replicación en el fago $\Phi 29$, en colaboración con Margarita Salas.

Las investigaciones en el departamento de Espectroscopia y Estructura Molecular en los últimos años se centran, principalmente, en 5 líneas de trabajo: 1) diseño de péptidos con estructuras definidas, 2) plegamiento de proteínas, 3) estructura-función de proteínas alergénicas, 4) estructura, dinámica y actividad de la proteína citotóxica α -sarcina, y 5) estructuras singulares de oligonucleótidos y ácidos nucleicos.

En la primera línea de trabajo cabe destacar el estudio termodinámico de la formación de horquillas β por parte de péptidos lineales, a partir de la variación de los desplazamientos químicos de sus protones con la temperatura, llevado a cabo por María Ángeles Jiménez y Jorge Santoro. En dicho estudio fue posible también establecer un límite a la cinética de formación de la conformación de horquilla, un dato de gran valor para contrastar los resultados de cálculos teóricos relacionados con el plegamiento.

En la segunda línea de investigación merece destacarse el trabajo en el que se procede a un análisis residuo a residuo del proceso de desnaturalización de la proteína transdutora de señales CheY al añadir urea, lo que permitió la descripción detallada de dicho proceso y, en particular, la caracterización estructural de un intermediario presente en el mismo. También hay que destacar un trabajo de investigación en el que se utilizan fragmentos y permutaciones cíclicas del apo-citocromo b_{562} , así como el efecto del grupo *hemo* en el proceso de plegamiento de la proteína. En ambos trabajos tuvieron una participación muy activa Marta Bruix y Pascal D. García. En cuanto a la relación estructura-alergenicidad, línea de investigación en la que se determina la estructura de un número de 2S-albúminas de semillas de diversas plantas (Jorge Santoro y David Pantoja-Uceda), se comienza en estos años el estudio de proteínas del polen de olivo, que actúan por vía respiratoria, un tema de importancia en relación a las posibles aplicaciones de los resultados que puedan obtenerse.

En estos años se procede también a una caracterización completa de la ribotoxina α -sarcin, que incluye una descripción detallada de la dinámica del esqueleto, residuo a residuo, en los intervalos del ps-ns y del μ s-ms, así como un

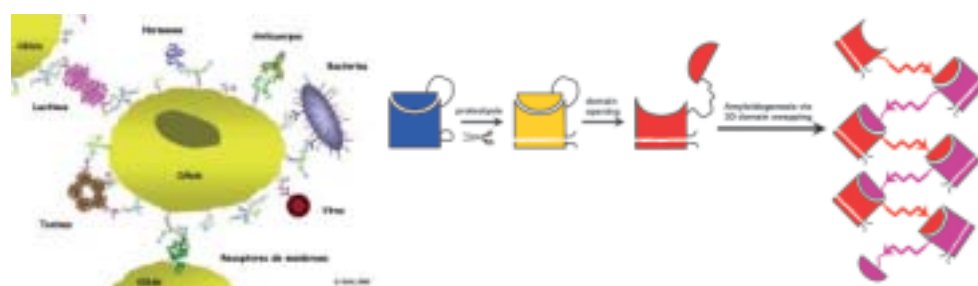
comprehensivo estudio de sus propiedades electrostáticas que incluye la determinación de los pKas individuales de la proteína y de algunos de sus mutantes en el intervalo de pH 3-8. Toda esa información se utiliza convergentemente para proponer modelos de la interacción con su diana biológica, un dominio del RNA ribosómico, que ayudan a explicar la excepcional especificidad de su actividad ribonucleolítica. En estos estudios participo principalmente Marta Bruix, José Manuel Pérez-Cañadillas y Flor García Mayoral.

Por último, en la línea de investigación relativa a ácidos nucleicos, en la que participan Carlos González e Irene Gómez-Pinto, se estudia, entre otros temas, la estructura y movilidad de oligonucleótidos cíclicos, el reconocimiento del ADN por parte de los mismos, la formación de triples hélices y su estabilización por 8-aminopurinas, así como la formación y estabilidad de nuevos tipos de *cuadruplexes*.

Con la incorporación de Douglas Laurents, se inician dos nuevas líneas de investigación, una sobre el péptido amiloide de la enfermedad de Alzheimer y otra sobre la formación y caracterización de oligómeros de ribonucleasa con intercambio de dominios, y su relación con su potencial actividad antitumoral. En el mismo sentido Pérez-Cañadillas, a su vuelta de Cambridge, investiga en las interacciones proteína-RNA.

Menéndez y sus colaboradores del grupo de investigación en calorimetría, se concentran principalmente estos años en la caracterización estructural y termodinámica de proteínas líticas neumocóquicas. Asimismo participan en un gran número de colaboraciones con otros grupos de investigación, en las que se analiza la estabilidad frente a la temperatura de muy diversos tipos de proteínas. María Gasset se concentra en el proceso de oligomerización y desnaturalización de la metionina-adenosil-transferasa de hígado de rata y, principalmente, en el análisis de ciertos rasgos de las proteínas conocidas como priones, tales como su interacción con glicosamino-glicanos y el efecto de la ligadura del ion Cu^{2+} sobre la formación de oligómeros y sobre el crítico cambio conformacional que sufren estas proteínas. Solís continúa su trabajo sobre la interacción de lectinas con carbohidratos y sobre el efecto de iones Zn^{2+} sobre la desnaturalización y oligomerización de espermadhesinas.

Este es, pues, el panorama de las investigaciones en bio-química-física en el edificio *Rockefeller* a lo largo de su historia. La figura 1 ilustra la producción científica del Instituto de Química Física desde su creación en 1946 hasta nuestros días en términos absolutos (arriba), que se desdobra en el total de publicaciones



(Izquierda) carbohidratos en el entorno celular. (Derecha) esquema formación de amiloide según una de las teorías actuales (IQFR)

(rojo) y las relacionadas con la Biología (en negro), y de los porcentajes de éstas en relación al total (abajo). Aun teniendo en cuenta que los errores son grandes en las primeras décadas, debido al escaso número de publicaciones, puede comprobarse que ellas se ajustan a un promedio del $\approx 10\%$ del total, mientras que en los últimos años el porcentaje que pueden encuadrarse en la bio-química-física se encuentra comprendida entre 30-40%. Ello ha de adscribirse a un creciente interés general por los temas biológicos a lo largo del tiempo y al crecimiento de los grupos interesados en esos temas.

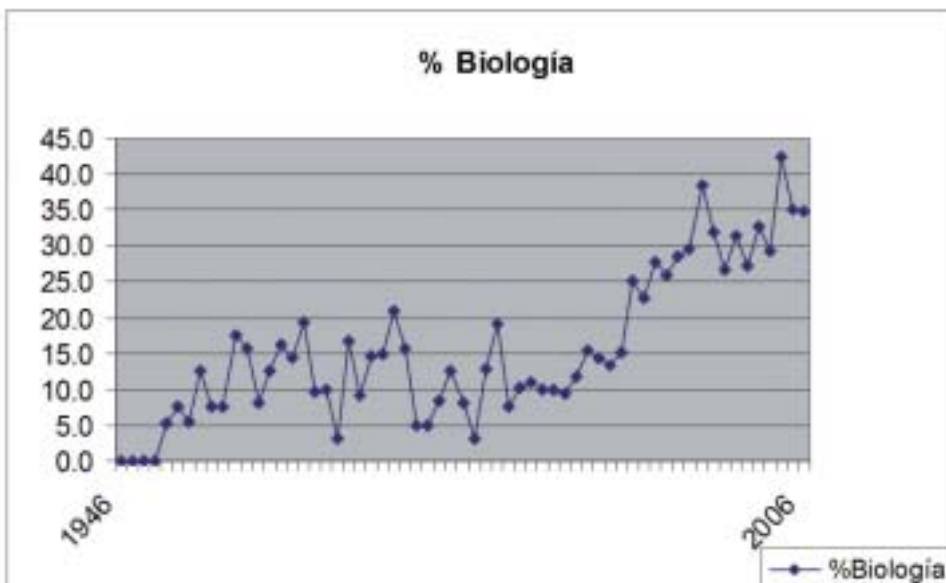
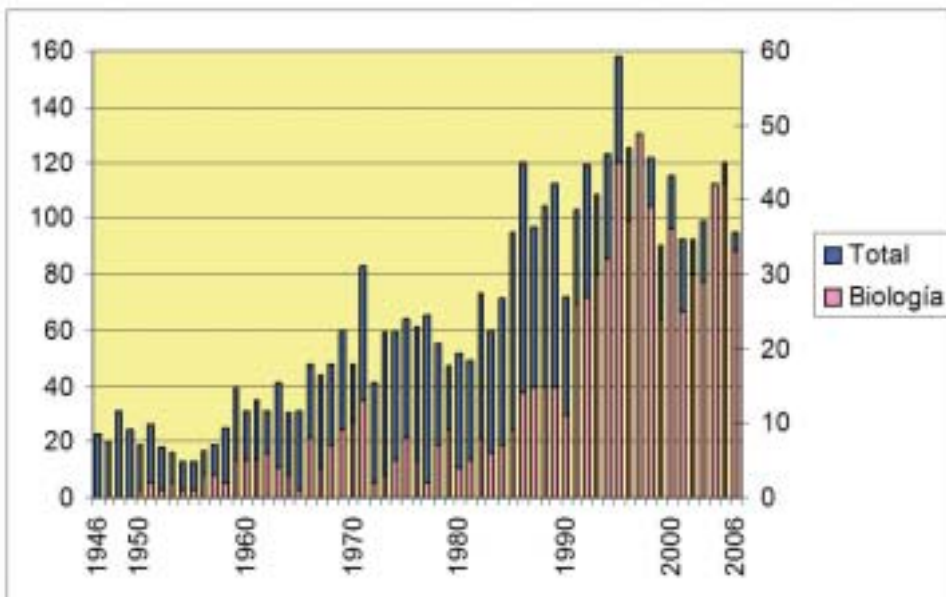


Figura 1. Producción científica del IQFR, 1946-2007.

Plano del edificio *Rockefeller*
(IQFR)



De la espectroscopia a la catálisis: mi vida en el *Rockefeller*

Juan Francisco García de la Banda
Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, CSIC

Dado que expuse el desarrollo del Instituto de Catálisis y Petroleoquímica (ICP) en libro conmemorativo del cincuenta aniversario del edificio *Rockefeller* desde un punto de vista científico), voy a referirme a lo que vio un becario llegado al mismo a mediados de los años cuarenta hasta jubilarse en 1986, o incluso hasta 2000, añadiendo aspectos no tratados en 1982. No insistiré tanto en la ciencia, sino sobre todo en lo que ocurría entre bastidores. Tampoco quisiera repetir muchos nombres, citaré otros, pocos, y éstos por razones muy especiales. El resto ya los mencioné en 1982 (García de la Banda, 1982: 59-64).

Mi tesis doctoral

Al terminar la carrera en 1943 en la Universidad Central de Madrid, comencé a trabajar como ayudante de clases prácticas en Química Física 1º, asignatura de la

que era catedrático el profesor Octavio Foz Gazulla (don Octavio). Llegó la hora de hacer la tesis doctoral y don Octavio me propuso hacerla, bajo su dirección, en el *Rockefeller*. Mi primer contacto visual con el edificio del *Rockefeller* había sido a mi llegada a Madrid para cursar quinto año de Químicas, pues entonces, en el edificio de la antigua Residencia de Estudiantes de la Junta para Ampliación de Estudios, se había instalado el primer Colegio Mayor que hubo en Madrid, el Ximénez de Cisneros, en el que había sido admitido.

Cuando me presenté en el *Rockefeller* me quedé asombrado por sus instalaciones. Consideren un pobre muchacho, que lo más que había hecho eran algunas prácticas de laboratorio, sencillas, al encontrarse con un edificio construido expresamente para la investigación. Con todos los servicios que pasaban, desde las dobles paredes de los pasillos, directamente a los laboratorios, y con una batería de acumuladores en el sótano que se decía era la mejor instalación de Europa. Don Octavio me llevó al laboratorio que iba a ser, durante unos años, mi casa. Allí me presentó al doctorando que estaba acabando su tesis, Salvador Senent, con cuyo aparato iba yo a llevar a cabo mi tesis.

Teníamos un conserje mayor, José Roca, gallego él, que era célebre. Sabía su oficio y regentaba un pequeñísimo bar que había junto al ascensor del primer piso del *Rockefeller*. Se contaban de él muchas historias, pero la más curiosa que recuerdo es que había escrito una carta a su familia, en papel timbrado del Instituto Antonio de Gregorio Rocasolano, y le contestaron diciendo que se alegraban mucho de que tuviera ya un instituto con el señor Solano. En ese bar solíamos tomar un *chupito* con Luis Sanzano, el jefe del taller de soplado de vidrio. Luis, que ya trabajaba en el *Rockefeller* al comienzo de los años treinta, nos contaba anécdotas del profesor Enrique Moles, cuyos doctorandos también usaban aparatos de vidrio de alto vacío.

No les voy a agobiar con detalles técnicos de mi tesis. No obstante, quiero indicarles que como codirector tenía al doctor Manuel Colomina Barberá, con cuya ayuda replanteé el aparato y comencé a medir. Hoy toda mi tesis se podría hacer en unos meses, pero entonces me costó casi cuatro años. El problema estaba en una unión vidrio-metal. Hace ya muchos años las uniones, perfectas, se compran en el comercio, pero entonces había que hacerlas en el taller de soplado y si tenían poros, o se rompían del todo durante una serie de medidas, se anulaban todos los experimentos anteriores. Otra cosa que retrasó mucho la presentación de la tesis es que había que escribirla a máquina. Quiero decir que yo tuve que escribirla a máquina y con dos limitaciones. Una, que de una vez no se podían hacer todos los ejemplares y no había aún fotocopiadoras. Otra, que las correcciones que me hacía don Octavio me obligaban a repetir todo, desde esas correcciones hasta que llegaba a una página en que se podía empalmar con el resto.

Al poco tiempo de estar en el *Rockefeller* ya había hecho muchos amigos y me movía con facilidad por la biblioteca, los talleres, etc. Una de las personas con quien tuve relación fue con don Julio Guzmán, uno de los investigadores que, según me dijeron, había estado más involucrado en la fundación del Instituto Nacional de Física y Química. Tuve con él conversaciones muy sabrosas.

Durante el tiempo de mi tesis y en los años siguientes conocí a varios de los investigadores que habían trabajado en el *Rockefeller* con anterioridad al año

1939; esto es, durante la República. Casi todos participaron en la reunión del cincuenta aniversario. No hay espacio para referirme a ellos y la mayoría, según mis noticias, han muerto. Sin embargo he de hacer una especial referencia al profesor don Miguel A. Catalán que me impresionó, como científico, y como persona. Cuando yo le conocí tendría unos cincuenta años y yo unos veinticuatro. No obstante, como él sabía que yo era ayudante de clases prácticas, si me veía ir andando hacia Serrano, y él iba en su coche, paraba y decía: «¿Banda va usted hacia la Universidad?» (que ya estaba en la Ciudad Universitaria), y si era así me llevaba. Comportamiento inesperado en el descubridor de los multipletes, que ya en 1946 se había vuelto a incorporar a su cátedra en la Universidad Central, con un aprendiz como yo.



Instrumental del laboratorio de Catalán en el Instituto *Rockefeller* (FRMP)

La espectroscopia Raman

Terminamos nuestras tesis Jesús Morcillo Rubio y yo, y la dirección del Instituto Antonio de Gregorio Rocasolano, que se había creado en 1946 y al que pertenecíamos, decidió que trabajásemos en espectroscopia Raman. Vino a iniciarnos en el tema un especialista alemán, el profesor Gubeau. Como no había espectroscopios Raman comerciales, tuvimos que construirlo. Cuando terminamos, la dirección del instituto decidió iniciar dos campos: espectroscopia molecular y catálisis, y eligieron a Morcillo, para el primero y a mí para el segundo. La elección de Morcillo fue muy acertada. Pero, no obstante, he de confesar que me sentí postergado.

La catálisis en el Rocasolano

En 1950 había dos universidades en Europa que eran las más destacadas en investigación en Catálisis: Bristol y Munich. Como el CSIC disponía de dos becas Ramsay en Inglaterra, se decidió que lo mejor era que fuese a Bristol. Estuve más de un año en el departamento que dirigía el profesor William E. Garner trabajando en catálisis heterogénea. Concretamente en la deshidrogenación de alcohol isopropílico sobre mezclas de óxidos semiconductores de cromo y zinc.

A mi vuelta de Inglaterra, en 1953, aparte de pequeños grupos más o menos independientes, en el *Rockefeller* había tres institutos. El de Química Orgánica y Plásticos (Alonso Barba), el de Química Física (Antonio de Gregorio Rocasolano) y el de Física (Alonso de Santa Cruz) cuyos directores eran, respectivamente, los profesores Manuel Lora Tamayo, Antonio Rius Miró y José Baltá Elías.

A raíz de mi llegada comencé a organizar un Laboratorio de Catálisis en el Rocasolano. Empezaron a llegar becarios, entre los primeros, Joaquín Hernández, Gojko Kremenec y Enrique Rentería. Ellos marcan ya lo que ocurriría en el futuro, Joaquín llega a profesor en la Universidad Central, Gojko a director del futuro Instituto de Catálisis y Petroloquímica (ICP) del CSIC en 1976 y Enrique, ya doctor, se va a una industria. Continúan llegando becarios y cada vez intervengo menos en sus tesis, que dirigen los nuevos doctores.

El tiempo pasa y el Laboratorio de Catálisis se convierte en sección en 1956. Este mismo año yo asistí al Primer Congreso Internacional de Catálisis. Apareció en las revistas científicas de la especialidad que el congreso tendría lugar en el verano de 1956 en Filadelfia. Anunciaban que el comité organizador disponía de fondos para bolsas de viaje destinadas a jóvenes científicos. Hice una petición y me la concedieron. Hasta aquí todo era normal, pero una tarde estaba yo en mi casa y sonó el teléfono. Una voz desconocida dijo algo como: «*may I speak with doctor García de la Banda*», y resultó que era el secretario del comité organizador del congreso, doctor Heinz Heinemann, quien, volando de Frankfurt a Nueva York, tuvo que hacer escala técnica en Madrid. En los días siguientes (tardaron tres o cuatro días en volver a volar), visitó el Laboratorio de Catálisis, conoció a todo el equipo, se interesó por los trabajos en curso, discutió las opiniones y *nos adoptó*. Inicialmente, me presentó a la plana mayor de la catálisis mundial en Filadelfia y me preparó una serie de visitas a las empresas y universidades del este de Estados Unidos importantes en ese campo. Luego, siempre tuvimos en él un amigo y una persona que nos apoyaba en todo. Realmente el hecho de que el doctor Heinemann tuviese que hacer escala en Madrid fue uno de los más importantes en el futuro de la catálisis en España.

En 1957 realizamos una investigación financiada por las Fuerzas Aéreas de Estados Unidos (USAF). Aparecieron en el instituto un científico y un abogado, ambos oficiales de ellas. Estaban interesados en financiar investigaciones, posiblemente más que por el valor que para ellos tenían, para estar introducidos en el sistema español de investigación y saber qué se estaba haciendo. Nos financiaron una investigación.

El período 1957-1960 fue muy fructífero; cambiamos muchas cosas, modernizamos los equipos y se comenzó a impartir un curso de catálisis dentro del



Una conferencia en el salón de actos del Rockefeller, 1956. En primer plano, a la izquierda, Rius, el director del instituto (colección de José Saiz)

programa del doctorado de la Universidad Central. También se iniciaron los contratos con las industrias. Entre otras, CEPESA, REPESA, ENCASO, UERT, ESPINDESA y DEVISA. En aquellos cuatro años comenzamos a publicar muchos trabajos en revistas, al principio sólo en España, pero enseguida dimos el salto y publicábamos más en el extranjero que en nuestro país.

En 1961 me invitaron a dar una charla sobre nuestros trabajos en las Gordon Research Conferences on Catálisis, que tienen lugar en New London (Estados Unidos). Elegí como tema nuestras investigaciones sobre catalizadores óxidos semiconductores en atmósferas reductoras, uno de nuestros temas estrella. Fue recibido muy favorablemente.

En el período 1961-1966 siguieron llegando becarios y se trabajó duro. Sólo en 1966 se leyeron siete tesis doctorales. Continuaron los contratos con las industrias y en 1966 llegó el más importante que tuvimos en mis años de estancia en el instituto, tanto por el tema como económicamente hablando. Me refiero al contrato con Electroquímica de Flix, del grupo Cros S.A. Duró tres años y fue una mina de experiencia y de fondos. Se trataba de producir tricloroetileno a partir de etileno, producto entonces muy barato, por oxiclорación. Y la oxiclорación pasó ser uno de nuestros puntos fuertes. Todo salió muy bien y se llegó a la necesidad del cambio de escala, instalando una planta piloto. En una de nuestras reuniones con la dirección de Flix se planteó la necesidad de 18.000.000 de pesetas para la instalación de dicha planta piloto, lo cual fue aceptado. Todo salió perfectamente, aunque hubo una subida rápida del precio del etileno y siguieron fabricándolo por su método antiguo. Realmente nadie perdió. Nosotros ganamos prestigio y apoyo económico y ellos con unos resultados colaterales nuestros montaron una fábrica nueva en Flix.

En 1967 comienzan a venir becarios de Argentina, Chile, México y Venezuela. Esto hizo que nuestras relaciones científicas con Iberoamérica se fortalecieran.

En 1968 ocurren tres hechos importantes para nosotros: la sección pasa a ser departamento, fui invitado a exponer nuestros trabajos en otra Gordon Conference en que hablé sobre oxiclорación de benceno, y en una reunión en el Instituto Rocasolano se creó la Sociedad Iberoamericana de Catálisis (SIC). En el viaje a Estados Unidos di una serie de conferencias, más de veinte. Sólo indicaré que en California impartí una en la Universidad de Stanford. En ella el profesor Michel Boudart, buen amigo, me presentó como «el hombre que había puesto el nombre de España en el mapa de la catálisis». En este año comenzó a trabajar con nosotros Sagrario Mendioroz que en 2002 fue directora del ICP.

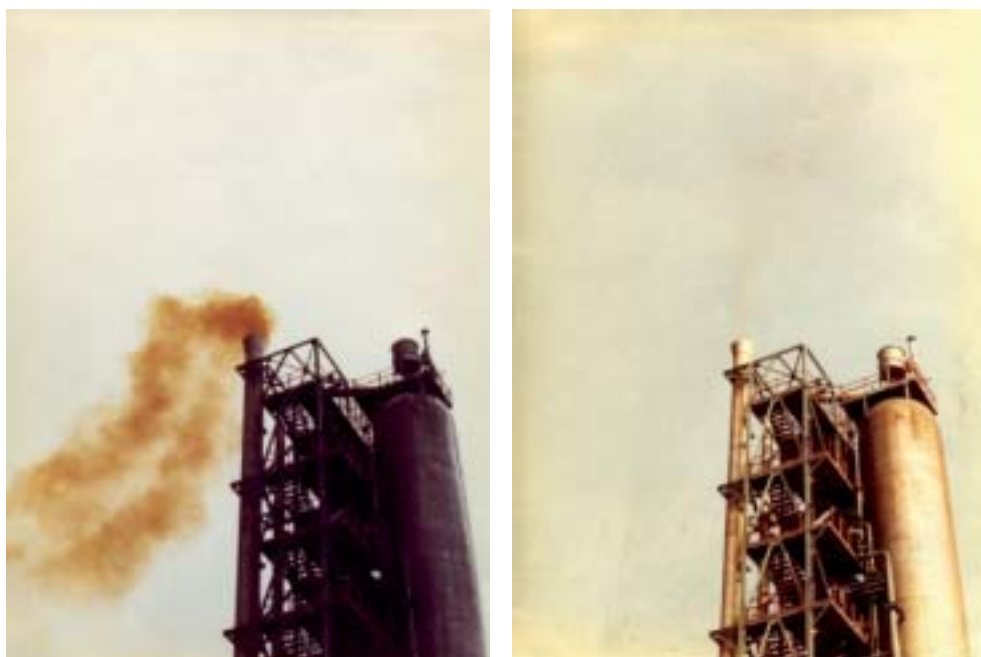
Era curioso, pero entonces cuando venían a Europa personas importantes en catálisis, procuraban venir al Rocasolano. Ocurrió con muchos de los principales en Estados Unidos, entre ellos los profesores Gabor Somorjai y Paul H. Emmett. Este último, en una de sus visitas al departamento, viajó de Madrid a París en tren y al llegar escribió una carta diciendo que en el tren había bebido un agua que anunciaba su radiactividad y que, si era cierta, seguro que iba a morir. Alguien debió de cambiar o las unidades o los ceros.

En relación con la creación del departamento, voy a darles la verdadera razón de que éste se independizara del Rocasolano. La razón no fue que nosotros quisiéramos separarnos, no. Fue que obteníamos bastantes ingresos por contratos y como jefe del departamento había negociado con el Central (la sede del CSIC) asignar complementos a las personas que intervenían en ellos, incluyendo al personal de talleres. Quizás ello motivase que nuestros trabajos tuviesen demasiada prioridad. Esto, evidentemente, perturbaba los del resto de los departamentos del Rocasolano y hubo una toma de posición en contra de nuestros privilegios. Habría que haber considerado que una parte de nuestros contratos iban al instituto, pero Juan Francisco Llopis, entonces director del mismo, y yo, decidimos que lo mejor era que el departamento de Catálisis dejase de pertenecer al él y siguiese ocupando los mismos laboratorios. Se solicitó esta independencia y se aprobó por el CSIC.

En 1972, al separarnos del Instituto Rocasolano, el personal del departamento era: dos profesores de investigación, seis investigadores científicos, dos colaboradores científicos, dos titulados superiores contratados, veinticinco becarios de distintas procedencias (cuatro de ellos profesores en universidades iberoamericanas), un auxiliar administrativo y ocho ayudantes de laboratorio. Dos de nuestros investigadores, Antonio Cortés y Javier Soria, serían directores del ICP en 1988 y 1989 respectivamente. En 1989 Cortés pasaría a un puesto de gran responsabilidad en el CSIC.

Durante los años 1974 y 1975 se potenciaron las líneas de trabajo en investigación aplicada y en biocatálisis y el departamento pasó a ser Instituto de Catálisis, domiciliado en el *Rockefeller*, siendo yo su primer director. Finalmente en 1975 cambió su denominación por la de Instituto de Catálisis y Petroleoquímica. La verdad es que trabajamos mucho, como puede verse en la *Memoria* de 1982, pero cuando pensaba en la suerte que habíamos tenido el grupo de profesionales que trabajábamos en catálisis, me sorprendía.

Chimenea de una fábrica antes y después de aplicársele el catalizador de eliminación de óxido de hidrógeno diseñado por el grupo de García de la Banda (colección de Juan Francisco García de la Banda)



De 1975 a 1977 fui presidente de la junta de gobierno del Instituto Nacional de Química, que incluía los once institutos de química del CSIC, entre ellos el de Catálisis y Petroleoquímica, por lo cual seguí en contacto con todos sus problemas. La dirección del ICP, desde 1976 corrió a cargo de Gojko Kremenic.

En 1979 se reestructuró el ICP en cuatro unidades estructurales: 1) Catálisis Heterogénea, 2) Catálisis Homogénea, 3) Catalizadores, y 4) Catálisis Aplicada y Desarrollo, y en 1981 se incorporó al instituto Joaquín Pérez Pariente, quien lo dirige desde 2006.

Sistema volumétrico para estudios de adsorción y de mecanismos de reacción mediante el uso de moléculas marcadas isotópicamente del Grupo de Diseño Molecular de Catalizadores Heterogéneos (ICP-CSIC y Departamento de Química Inorgánica y Técnica de la UNED)



En 1991 el ICP se trasladó al nuevo edificio en el campus de la Universidad Autónoma de Madrid, siendo entonces su director Javier Soria.

Como dato que indica el impacto de nuestros trabajos en biocatálisis, en el año 1996 llegó de visita al ICP el *manager* de I+D de Mobil Oil, doctor Clarence Chang. Su empresa quería iniciar una línea de investigación en biocatálisis y él venía para conocer cómo lo habíamos hecho nosotros (¡veinticinco años antes!).

La Sociedad Iberoamericana de Catálisis (SIC)

Cuando el Congreso Internacional de Catálisis, que se celebraba cada cuatro años, tenía lugar en Europa, nos reuníamos dos semanas antes en el Rocasolano con los iberoamericanos y portugueses que asistían al mismo. Nuestro departamento fue una pieza muy importante en la creación y desarrollo de la Sociedad Iberoamericana de Catálisis, y ésta en la iniciación del programa CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo), que ha tenido mucha más resonancia de la que cabía esperar entonces. La SIC se reunía bianualmente en el Simposio Iberoamericano de Catálisis. Cuando el congreso internacional se celebraba en Europa nos reuníamos en Lisboa o en Madrid y cuando era en América, en alguno de los países miembros de la SIC. En las fechas intermedias había libertad de elección. De hecho estos simposios se han convertido, por su importancia científica, en el Segundo Congreso Internacional de Catálisis y cada vez hay más participantes de fuera de Iberoamérica.

Las Conferencias EUCHEM

En 1973 organizamos nuestra primera Conferencia EUCHEM, sobre «El Papel de la Catálisis en Problemas de Polución», que tuvo lugar en Santander del 1 al 6 de julio, con gran éxito. Vino mucha gente, muy buena, de todo el mundo. Por cierto, fue muy comentado y criticado que se declarara como idioma oficial el inglés.

En 1975 se celebra, también en Santander, del 15 al 18 de julio, la segunda Conferencia EUCHEM, sobre «Catálisis Enzimática y Homogénea». Era nuestra primera salida al mundo en este tema y fue muy fructífera. En 1978 del 3 al 7 de julio, tiene lugar la tercera de esas conferencias EUCHEM, dedicada a «Tendencias Modernas en el Cambio de Escala de Procesos Químicos», de nuevo en la misma ciudad e igualmente con mucho éxito.

En 1986, del 7 al 12 de septiembre, se celebra la cuarta Conferencia EUCHEM sobre «Aplicaciones Industriales de Biocatalizadores Inmovilizados y Complejos Metálicos Heterogéneos», esta vez en Jaca, en la residencia que allí tiene la Universidad de Zaragoza.

Mi vuelta al Instituto de Catálisis y Petroleoquímica

En marzo de 1983 vuelvo al ICP después de una larga estancia en el Centro Argentino de Información Científica y Tecnológica (CAICYT) y me encuentro completamente desfasado, ante el avance, en equipo y en conocimientos, del personal científico del instituto. Por ello decidí dar una vuelta por Inglaterra, durante el verano, para ponerme al día. En ella vi por dónde iban las cosas, refresqué viejas amistades e hice otras nuevas. Al volver pensaba que tenía aún ocho años largos antes de mi jubilación, pero de repente me encontré con que la jubilación se imponía por ley a los sesenta y cinco años, lo cual ya me invalidaba para pensar en dirigir una nueva tesis. Esto me hizo derivar hacia una investigación cooperativa, con un grupo de Estados Unidos, dirigido por los profesores de la Universidad de Berkeley, Gabor Somorjai y Heinz Heinemann. Dicho trabajo se ejecutó en Madrid y en el Lawrence Berkeley Laboratory, también con resultados muy positivos.

Para terminar comentaré unos cuantos aspectos del trabajo realizado dejando un poco de lado la cronología.

El éxito que tuvimos

El éxito que tuvimos se puede concretar en que en 1975 ya éramos un instituto, que de las relaciones con Luis Oro, a quien metimos en el cuerpo el gusanillo de la catálisis, salió el centro que ahora dirige, con mucho éxito, en Zaragoza; que de Catálisis también salió, en cierto modo, el instituto que dirige, con gran acierto, Avelino Corma en Valencia y que, en una época en que todo nuestro trabajo estaba centrado en catálisis heterogénea, nosotros abordamos la biocatálisis (cosa que, como posteriormente he visto, sorprendió mucho a la comunidad internacional). Este tema fue iniciado por Antonio Ballesteros y hoy se cultiva, con éxito reconocido en el mundo, por un grupo de excelentes investigadores jóvenes.

Por nuestra parte, en el instituto se hacía ciencia y técnica de la buena y yo la vendía en España y en el mundo. Ambas cosas creo se hicieron bastante bien y aún espero y confío que el ICP pueda dar al menos otro hijo. Sería signo de vitalidad.

Un resultado poco visible del Instituto de Catálisis a lo largo de su vida, primero como laboratorio, luego como sección del Rocasolano, y finalmente con centro independiente, han sido los hombres que en él se formaron y de allí partieron hacia la docencia, hacia la investigación (oficial o privada) o hacia la industria. Muchos de ellos han alcanzado puestos de gran responsabilidad y constituyeron, o constituyen, el activo más importante del centro.

No es posible mencionar individualmente a todos los que dejaron el centro, sin embargo quiero citar, por el especial grado de vinculación que con él tuvieron, a los doctores Enrique Hermana Tezanos, Antonio Gamero Briones y Jesús Pajares Samoano. Enrique y Antonio pasaron a dirigir investigación en la industria y Jesús el Instituto del Carbón en Oviedo.



Laboratorio del Instituto del Carbón de Oviedo, CSIC, en la década de 1960 (INCAR)

La asistencia a los congresos internacionales

Desde 1956, al Congreso Internacional de Catálisis, que tenía una periodicidad de cuatro años, siempre ha asistido una representación nuestra (fuésemos sección, departamento o instituto). En el de Baltimore de 1996 se presentó nuestra propuesta de celebrar el duodécimo en Granada, en lucha con Francia y los Países Bajos. Ganamos y tuvo lugar en 2000, con el nombre Granada 2000. Sobre esta reunión sólo diré que tuvo mucho éxito, reconocido por todos los participantes.

Las reuniones a las que asistimos en el extranjero, vendiendo el instituto

Todos los que ya tenían un crédito entre la comunidad catalítica mundial asistíamos a muchas de las conferencias internacionales. Concretamente yo fui a varias de las celebradas en Roermond (Países Bajos) unas veces como conferenciante, y otras, las más, como oyente y aprendiz. Además, debido a nuestras relaciones con científicos extranjeros, nos invitaban a muchas reuniones que sería prolijo detallar y a las que siempre pudimos encontrar la forma de enviar a alguien, con lo cual las relaciones se seguían ampliando.

Al mismo tiempo, nosotros comenzamos a organizar reuniones y simposios en España. Unas veces con motivos propios y otras veces con motivo de cele-

brarse actos como aniversarios del CSIC y congresos de Reactividad de Sólidos, de Alto Vacío, etc. Además, siempre que podíamos reuníamos a grupos de buenos investigadores extranjeros para que nos contasen lo que hacían y contarles lo que hacíamos nosotros. Concretamente, al encuentro organizado durante la conmemoración del XXV aniversario del CSIC acudieron muchos de los mejores especialistas del mundo en el campo de la catálisis y se celebró en el *Rockefeller*.

El Programa de Cooperación Científica y Tecnológica Iberoamericana

La génesis de este programa no tuvo lugar en el Instituto *Rockefeller*, sino en el gabinete de estudios de la CAICYT, pero las personas que intervinieron en la idea y en su elaboración fueron fundamentalmente del CSIC y dos de dicho instituto, Jesús Blanco y yo. Ciertamente, la base de la idea fue consecuencia lógica de nuestras reuniones de la Sociedad Iberoamericana de Catálisis, iniciadas en el *Rockefeller*. Este programa se presentó en Santiago de Chile en la sede de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en septiembre de



Cartel y logo de los proyectos de investigación IBEROEKA (CYTED)

1982, ante un grupo de investigadores de los distintos países de Iberoamérica. Tuvo éxito y se aprobó. En su desarrollo tomó el nombre de CYTED-D, Ciencia y Tecnología para el Desarrollo-V Centenario, y la secretaría estaba, y está, en España. Ha tenido tal éxito que los últimos datos que poseo, del año comprendido entre septiembre de 2001 y septiembre de 2002, indican que, participaban dieciséis países y que, aparte de los proyectos IBEROEKA, las jornadas CYTED y otras actividades, estaban en marcha diecinueve programas de investigación en los que participaban 2.750 grupos (de ellos 432 en España) y entre los resultados podemos reseñar 129 libros y monografías, 629 artículos en revistas y 743 trabajos presentados en congresos. En este período, en los distintos subprogramas de catálisis de los 267 grupos de distintos países, 46 eran españoles y las tres redes temáticas vigentes estaban coordinadas por Pedro Ávila (ICP), Luis Oro (Universidad de Zaragoza) y Francisco Rodríguez Reinoso (Universidad de Alicante).

Breve resumen

Mencionamos al principio que habíamos tenido mucha suerte, y ha sido verdad, pero no por el hecho de que el doctor Heinz Heinemann tuviese que hacer escala en Madrid, sino en haber podido y sabido aprovecharlo al tener ya un germen de personas muy capacitadas y dedicadas a hacer buena investigación; por haber logrado un crecimiento razonable y constante; por haber conseguido iniciar y mantener unas relaciones internacionales extensas y bien llevadas; por haber tenido visión de futuro al elegir los campos de trabajo; por haber trabajado muy duro; por haber tratado no sólo de hacer ciencia pura, sino también ciencia aplicada; por haber sabido ilusionar a licenciados brillantes; por mantener unas excelentes relaciones con la industria química española y, en resumen, por haber trabajado duro y con éxito. Esto es, por haber aprovechado todos los resquicios posibles para crearnos nuestra suerte.

Biblioteca del *Rockefeller*
en 1932 (IQFR)



La biblioteca del *Rockefeller*

Esperanza Iglesias Sánchez
*Directora de la Biblioteca del
Instituto de Química y Física, CSIC*

El espacio que iba a albergar la biblioteca del primitivo Instituto Nacional de Física y Química recibió un trato muy cuidadoso por los arquitectos Manuel Sánchez Arcas y Luis Lacasa. En un proyecto inicial estaba colocada perpendicularmente a las naves de laboratorios, mientras que en el que finalmente se construyó, se alineaba longitudinalmente con el resto del edificio y era fácilmente accesible desde la entrada principal.

La biblioteca del *Rockefeller* esta orientada al sur y tres grandes ventanales iluminan las dos plantas que contienen salas de lectura y estanterías. Ambas plantas estaban comunicadas interiormente con una original escalera metálica de caracol, que se substituyó recientemente por otra de madera, un poco más espaciosa. En los primeros años de funcionamiento del Instituto Nacional de Física y Química ya disponía de un fondo de libros y revistas único en nuestro país, que incorporaba el del antiguo Laboratorio de Investigaciones Físicas de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas. En el caso de

las revistas, se recibían periódicamente más de un centenar, relacionadas mayoritariamente con la Química y la Física, de las cuales diez se editaban en nuestro país. De las extranjeras, treinta se publicaban en Alemania, catorce en el Reino Unido, catorce en Francia, catorce también en los Estados Unidos, cuatro en los Países Bajos, tres en Suiza y tres en Japón, dos en Portugal y una en Argentina, Rusia, India, Suecia y Checoslovaquia respectivamente. Destaca el hecho de que para once de estas revistas se disponía de la colección completa, que se remontaba hasta el siglo XIX.

En 1939, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas se hizo cargo de la biblioteca del Instituto Nacional de Física y Química que después prestó servicio en el edificio *Rockefeller* a los investigadores de los nuevos Institutos Alonso Barba de Química, y Alonso de Santa Cruz de Física. Uno de los problemas graves que se encontró el doctor José Casares Gil, director de ambos centros, fue el de renovar las suscripciones de las revistas extranjeras y reponer los números perdidos, correspondientes al período de Guerra Civil, en una época en la que no se disponía de moneda extranjera. Afortunadamente, gracias al apoyo de los doctores Julio Palacios y Miguel Antonio Catalán, se consiguió una nueva dona-



Casares Gil (RACEFN)

ción de la Fundación Rockefeller, de los Estados Unidos, para adquirir una parte de los números perdidos, una vez que el Ministerio de Educación Nacional español se comprometió a mantener las suscripciones correspondientes. Además, a través de las gestiones realizadas por varios de los responsables de los nuevos institutos, se consiguió que los gobiernos del III Reich alemán y de la República Francesa hicieran importantes donaciones de libros y revistas editadas en sus propios países. De esta forma, las nuevas generaciones de investigadores que iniciaron su formación en el *Rockefeller* de los años cincuenta y sesenta se encontraron nuevamente con la mejor biblioteca de España en Física y Química.

En 1946 se creó el Instituto de Química-Física Antonio de Gregorio Rocasolano, que desde ese momento hasta nuestros días ha mantenido la responsabilidad de la gestión de la biblioteca, que a lo largo de estos sesenta años ha tenido que enfrentarse a una larga sucesión de retos importantes (Hernández y Acuña, 1999), tales como conseguir financiación para las suscripciones ya existentes y para la larga serie de nuevas revistas que empezaron a aparecer en los años cincuenta, ampliar notablemente el espacio de almacenamiento de éstas y de los libros y, más recientemente, para llevar a cabo la conversión electrónica de sus fondos y servicios. Afortunadamente, con el apoyo de sus usuarios y las ayudas recibidas del Ministerio de Educación y Ciencia, del propio Consejo Superior de Investigaciones Científicas y, más recientemente, de la Comunidad Autónoma de Madrid, se ha logrado preservar la excepcional utilidad de sus fondos y la elevada profesionalidad de sus servicios. Hoy en día, la biblioteca del Instituto de Física Química del CSIC facilita, por ejemplo, el acceso electrónico a más de 6.000 revistas científicas, y es un ejemplo, infrecuente entre nosotros, de setenta y cinco años de continuidad al servicio de los investigadores españoles.

Talleres del Instituto *Rockefeller*,
1932 (IQFR)



Talleres del Instituto Rocasolano

José Sáiz

Instituto de Química-Física, CSIC

En los últimos veinticinco años la actividad laboral de los talleres del Instituto de Química-Física Rocasolano ha continuado con el mismo rendimiento que hasta 1982, desde su asignación, procedentes del Instituto Nacional de Física y Química. Los cuatro talleres: Mecánico, de Electricidad, de Soplado de Vidrio y de Técnicas Especiales (posteriormente de Asistencia Electrónica) han seguido dando servicio, tanto al centro al que están adscritos, como a los otros que están presentes en el edificio *Rockefeller* de la calle Serrano número 119 de Madrid.

Por motivos de adaptación científico-mental en algún período hacia 1982 pasaron a denominarse unidades de Asistencia Técnica, pensando que en el futuro el cambio de denominación favorecería a su personal en cuestiones de promoción profesional y ante el fiasco que supuso para ellos la clasificación de puestos de trabajo realizada en su momento en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Desgraciadamente hacia 1990, o quizás algo antes, mentes privilegiadas de la Administración pensaron que la asistencia técnica y el diseño y desarrollo de

equipos debería realizarse por personal o empresas exteriores a la institución a través de la contratación externa, con lo cual las bajas producidas por jubilaciones, traslados a otros centros o fallecimientos nunca se cubrieron pasándose de dieciséis puestos de trabajo en 1982 a los seis que disfrutamos en la actualidad.

A pesar de ello, los talleres del Instituto de Química-Física Rocasolano han producido con eficacia trabajos de gran precisión, como por ejemplo los módulos ópticos para espectroscopía de polarización de fluorescencia y fosforescencia con resolución temporal inducida por láser o la cámara de ultraalto vacío con posicionador de muestras realizados en 1992, o el módulo optomecánico de detección automática de emisión polarizada inducida por láser, o el reactor de síntesis de fullerenos realizados en 1993, con la habitual colaboración de los tres talleres mencionados.

Además de la atención a los equipos de nuevo diseño, las unidades de Asistencia Técnica siempre se han encargado de los trabajos de mantenimiento de la instrumentación de los laboratorios y en general del buen funcionamiento del edificio hasta que el año 1993 el instituto decidió destinar específicamente personal al mantenimiento de la infraestructura del mismo con la creación de una unidad de Mantenimiento.

Los servicios de asistencia técnica han ido evolucionando, como no podía ser de otra forma, colaborando en la modernización del instituto, al mismo ritmo que ha ido cambiando el tipo de trabajo en los laboratorios, en donde se ha pasado de una experimentación artesanal a la adquisición de datos digitalizada y a través de ordenadores, con lo que ello implica de instalación de programas



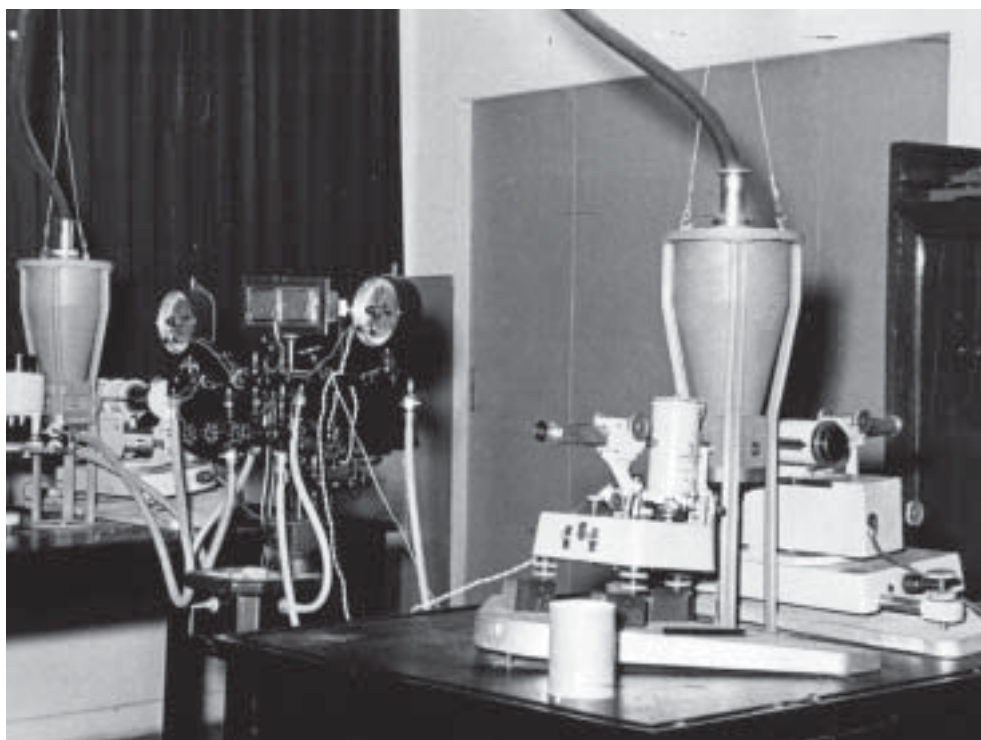
Personal trabajando en los talleres del edificio Rockefeller, 1932 (IFQR)

de cálculo etcétera. La modernización ha afectado especialmente a la unidad de Asistencia Electrónica, que como ejemplo y en colaboración con el Centro Técnico de Informática del Consejo Superior de Investigaciones Científicas ha puesto en funcionamiento un sistema de videoconferencia, o las sucesivas modernizaciones y modificaciones de la red Ethernet del instituto.

Para su capacitación, el personal de estas unidades ha realizado cursos de especialización organizados en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, e incluso estancias en diferentes instituciones, basten los ejemplos de las estancias de Nicomedes Sanromán Prieto, del taller de Soplado de Vidrio, en el servicio correspondiente de la Universidad de Oxford en 1985 o la de Miguel Rodríguez Artigas, de la unidad de Asistencia Electrónica, en la Universidad de Berkeley con una beca del subprograma de perfeccionamiento para doctores y tecnólogos en el extranjero en 1990.

Las adquisiciones de material están centralizadas a través de un servicio de Almacén que ha sufrido la correspondiente modernización informática en la elaboración de los inventarios de existencias, de los documentos de ventas y adquisiciones y de las relaciones de clientes y proveedores.

Antigua cámara de difracción
de rayos X (IQFR)



La herencia de cien años de cristalografía

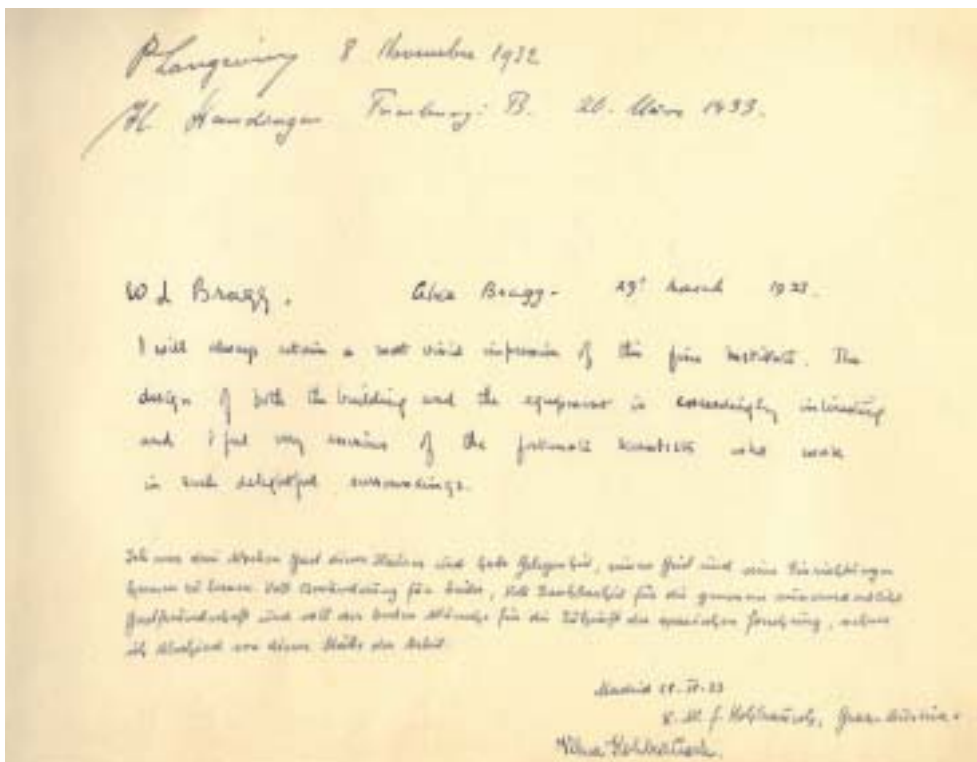
Martín Martínez Ripoll

Instituto de Química-Física, CSIC

«Si hay empeño, se continúa hacia arriba lo que otros empezaron». Así comenzaba un prólogo de Sagrario Martínez Carrera escrito allá por 1994 para una recopilación histórica realizada por otra investigadora de esta casa, Feliciano Florencio Sabaté. Sin duda es una buena definición para describir el esfuerzo, el tesón continuado de mucha gente, de investigadores, de técnicos, que dejaron su huella entre las paredes del entrañable *Rockefeller*, y entre éstos, la de los cristalógrafos, es decir de aquellos que hicieron de la radiación X su herramienta para ver más allá de los microscopios. Los herederos de aquella primigenia sección de Rayos X (aquella que formó Julio Palacios en el Instituto Alonso de Santa Cruz y que reunió a todos y a todo lo que quedaba de la antigua JAE (Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas) aprendieron, hemos aprendido, de nuestros mayores para no seccionar una trayectoria inicial que, como mínimo, definiríamos como ejemplar. Este es el hilo conductor de esta historia y vaya por delante nuestra admiración por tanta gente que ya se fue y por aquéllos que deseamos que nos puedan seguir acompañando muchos años más.

Aunque palabras mucho más autorizadas que estas han sido ya escritas sobre los heroicos comienzos de esta disciplina en España (*50 años de investigación...*, 1982), es obligado recordar que los españoles fueron exploradores adelantados, porque apenas un año después de los experimentos de Max von Laue y de William Henry y William Lawrence Bragg, entre 1913 y 1915, tanto Francisco Pardillo en Barcelona, como Blas Cabrera en Madrid, se ocuparon certeramente de dar a conocer las posibilidades que abrían los rayos X aplicados a los cristales. Pero es con Palacios, discípulo de Cabrera, cuando adquiere carta de naturaleza en España la investigación en cristalografía, que creció y se ramificó en distintos puntos del país, siendo Palacios, desde el Instituto Nacional de Física y Química, Martín Cardoso, desde el Museo Nacional de Ciencias Naturales en Madrid, y Pardillo, desde el departamento de Mineralogía de la Universidad de Barcelona, los responsables de la creación de los primeros grupos españoles de la cristalografía moderna. Ya en 1926, la revista *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química* recogió el primer trabajo de investigación publicado en el país relacionado con la cristalografía de rayos X, «Determinación de la estructura cristalina del óxido de níquel, de cobalto y sulfuro de plomo», firmado por Felisa Martín Bravo y realizado bajo la dirección del profesor Palacios en el Laboratorio de Investigaciones Físicas.

El impulso definitivo a los estudios cristalográficos mediante la difracción de rayos X fue obra de Palacios al trasladarse, en 1932, al *Rockefeller* con los medios económicos y el equipamiento que había heredado de la Cátedra Ramón y



Página del libro de firmas del Instituto Rockefeller con la rúbrica de Bragg en 1933, junto a la de otros investigadores que visitaron el centro en la misma época (IQFR)

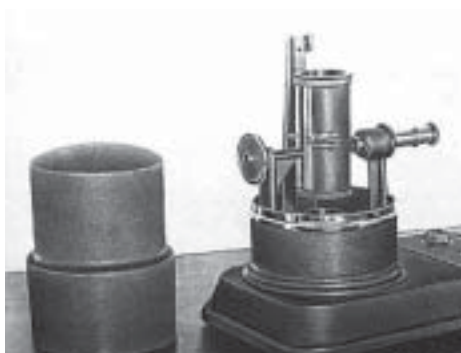
Cajal y con investigadores que habrían de destacar muy pronto, tales como Julio Garrido, Luis Bru, Jorge Doetsch, José M. Ríos, Armando Durán, José Barasoain, J. Losada, L. Rubio, Piedad de la Cierva, R. Fernández, Octavio Foz, Roberto Feo, R. Salvia, y Luis Rivoir, entre otros. Con estos medios nació la primera tesis doctoral salida del *Rockefeller*, la *Determinación de la estructura molecular de la acetona, éter etílico, éter metílico y derivados halógenos del etilo, mediante la difracción de electrones*, firmada por Luis Bru (1933) y galardonada con el premio Alonso Barba de la Real Sociedad Española de Física y Química. Y a ésta le sucedieron otras prestigiosas tesis, como las de Garrido, De la Cierva y Losada.

Nada se le quedó a Palacios en el tintero, porque su programa contempló además un importante paquete de actividades internacionales con investigadores de la especialidad, de tal modo que no se puede pasar por alto mencionar las visitas de las máximas figuras de aquel momento al grupo del *Rockefeller*, Thibaud, Mark y Ewald, entre otros, y las estancias de los españoles en laboratorios extranjeros. El programa científico de Palacios incluyó también la consecución de equipamiento avanzado, de tal modo que Barasoain ya realizó estudios sobre texturas en metales utilizando por primera vez una cámara de Weissenberg construida en los propios talleres del instituto.

Tras el desgarro de la Guerra Civil y la consiguiente disgregación del personal investigador y técnico de nuestro entrañable *Rockefeller*, lo que quedaba del grupo se incorporó en 1939 a la llamada sección de Rayos X del nuevo Instituto Alonso de Santa Cruz, creado en el contexto del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en continuidad con el espíritu de la JAE y compartiendo el edificio del *Rockefeller* con otros institutos. Pero la disgregación del grupo continuó incluso tras el paréntesis del enfrentamiento, de tal modo que algunos investigadores obtienen cátedras universitarias, como Bru, o siguen otros caminos en su carrera, como De la Cierva, entre otros.

Hacia el año 1946, el personal de la sección estaba integrado por Palacios, Manuel Abbad, Julio Garrido, Luis Rivoir, Fernando Huerta y Jaime Chacón, los dos últimos como becarios, pero no es hasta un año más tarde cuando comienza a detectarse una mayor actividad, y así ingresaron en la sección, como becarios, Pilar Smith, Demetrio Santana, Carmen Agudo, Raimundo Menéndez, Luis Blanco y Florentino Gómez Ruimonte. En 1948, con ocasión de que Palacios se trasladara para una larga temporada a Lisboa, se reorganizó la sección de Rayos X. Rivoir pasó a ser jefe de la misma y Abbad y Garrido como ayudantes científicos. Ese mismo año ingresaron como becarios Severino García-Blanco, Alejo Garrido, Virtudes Gomis y, como técnica de dibujo, Josefina Marquerie, y el primer artículo de la *Acta Crystallographica*, flamante revista creada por la joven Unión Internacional de Cristalografía (IUCr), «Observations sur la diffusion des rayons X par les cristaux de ClO_3Na », aparecía firmado por Julio Garrido, dando cuenta de la relevancia internacional de algunos de los trabajos que se acometían en la sección de Rayos X.

En 1949 ingresaron Sagrario Martínez Carrera, Antonio Rodríguez Pedrazuela, Isidoro Asensio y José Martínez Ors y, coincidiendo con el principio de la nueva década, hubo un planteamiento estratégico de algunas acciones que podríamos considerar como el preludio de la automatización, naturalmente en el contexto



(Izquierda) Palacios cuando estuvo pensionado por la Junta para Ampliación de Estudios en el laboratorio de Kammerlingh Onnes en Leiden, 1916-1918 (*Centenario de Julio Palacios*, 1991, colección de la familia Palacios). (Derecha) cámara de Weissenberg (IQFR)

de la época. Así, con el fin de acortar el tiempo dedicado a los millares de operaciones numéricas necesarias para el cálculo de los mapas de Patterson, o de densidad electrónica, se abordó el ingente trabajo de preparación de las denominadas tiras de Beever-Lipson, aspecto que redundó en una mayor producción científica. Al mismo tiempo, la visita de una figura tan destacada de la especialidad, como Martin J. Buerger, con su función mínima, dio un fuerte impulso a la metodología para la interpretación de los mapas de Patterson.

La década de los cincuenta trae de la mano tesis doctorales, nuevas visitas de especialistas (Taylor, Laval, Lipson, Jeffrey, Wyckoff, Hägg, Buerger, Zádovov, Fornaseri, MacGillavry, Strunz, Henry), nuevas incorporaciones, Julián López de Lerma, José Alonso López, Elena Carrillo García y Áurea Perales Alcón, entre otros, y la organización de eventos internacionales en Madrid por encargo de la IUCr. Se producen estancias de larga duración de algunos jóvenes investigadores en laboratorios de importancia estratégica. García-Blanco se desplaza al MIT de Massachussets, y la intrépida joven Martínez Carrera se incorpora a la Universidad de Ámsterdam, el primero con el propósito de aprender técnicas de búsqueda de imágenes, y la segunda con la intención de descubrir la metodología tridimensional para la resolución estructural.

La estancia en Ámsterdam de Martínez Carrera fue crucial para su formación científica y para el futuro inmediato del grupo del *Rockefeller*. Allí utilizó por primera vez experimentos de difracción a baja temperatura y cálculos tridimensionales de densidad electrónica. Pero además pudo entrenarse en el manejo y diseño de los incipientes programas de cálculo aplicados a los ordenadores IBM 405, 421 y 624. Gracias al tesón de Martínez Carrera, a un endemoniado panel electrónico y a unos juegos de fichas, regalo de la profesora Caroline H. MacGillavry, pudo comenzarse en Madrid la metodología moderna del cálculo con ordenador y realizar los primeros estudios tridimensionales.

La década de los sesenta conduce a nueva reestructuración y la antigua sección de Rayos X es rebautizada con el nombre de Estructuras Cristalinas, con dos laboratorios liderados por García-Blanco y Rivoir, respectivamente, y se incorporan nuevos jóvenes (Pedro Salvador, José Fayos Alcañíz, Cayetano Martínez Pérez, Feliciano Florencio Sabaté, Félix Hernández Cano, Francisco Sanz Ruiz, Celia Lupiani, Concepción Foces y Martín Martínez Ripoll, y como

ayudante María Auxiliadora Valle, quien más tarde sería sustituida por Isabel Izquierdo).

Pero es la incansable Martínez Carrera quien en 1962 hace de nuevo las maletas, esta vez con destino a la Universidad de Pittsburgh en Estados Unidos, para trabajar con el profesor George A. Jeffrey y con la meta principal de mejorar su aprendizaje para abordar los problemas del incipiente cálculo electrónico. Recién regresada de su estancia en Pittsburgh y con un amplio bagaje en programación en Autocode y Fortran, puso a punto una serie de programas de cálculo, que jocosamente y por iniciativa de Cayetano Martínez se denominaron «los pasos al frente», por ser de obligado recorrido en las fases iniciales del tratamiento de los datos de difracción. Con ello, la estrepitosa máquina IBM 7070, que acababa de adquirir el CSIC, se vio inesperadamente sobrealimentada por el trabajo que llegaba desde el *Rockefeller*, que se acumulaba en gavetas y pilares de fichas. Ni que decir tiene que el valor añadido de la nueva metodología de cálculo, unida a la adquisición de un nuevo equipo de rayos X, con el que se conseguían potencias de hasta 1 kW, y que reemplazaba al antiguo equipo de la JAE, supuso un alivio para las expectativas del grupo.

Nuevos cambios administrativos, llevados a cabo a mediados de los sesenta hacen migrar a los cristalógrafos al Instituto de Química-Física Rocasolano, siempre entre las paredes del querido *Rockefeller*, en donde se les rebautiza con el antiguo nombre de Rayos X, pero ahora con la figura de departamento.

Y llegan los setenta con más incorporaciones no siempre definitivas. Entre otros Ángel Vegas, Enrique Gutiérrez, Ángeles Monge, Isabel Fonseca y Mari Carmen Apreda (con su indestructible acento argentino). Aparece una auténtica avalancha de peticiones de colaboración desde todos los rincones. ¡Los químicos españoles han descubierto la importancia de la estructura molecular! Es todo un éxito, y para mayor regocijo del departamento, Julio Rodríguez, un convencido ministro de Educación y Ciencia, dota una acción extraordinaria para la instalación en el *Rockefeller* del primer equipo automatizado de difracción de rayos X y que otros bautizan cariñosamente en el *Roca* (apelativo cariñoso del instituto) como la *churrera*, porque permitía hacer en una semana lo que antes se hacía en tres meses (exclusivamente el experimento de difracción y su medición). En vano resultaban, dicho sea también cariñosamente, los intentos ante algunos colegas del centro para explicar que la *churrera* no resolvía, desgraciadamente, el problema de la fase. Y llegan más tesis doctorales, más trabajos en revistas internacionales, salidas por largos períodos de tiempo de los más jóvenes al Reino Unido, Alemania, Estados Unidos.

El regreso al departamento de los entonces más jóvenes incorporó nuevas herramientas, las que aprendió Hernández Cano en Manchester (el famoso X-RAY System) y el *know-how* de los *main-frame* que importó Martínez Ripoll de su larga estancia en Alemania. Desde el departamento se les hace la vida imposible a los responsables y a los técnicos del Centro de Proceso de Datos del Ministerio de Educación y Ciencia, quienes en la calle Vitrubio habían instalado «una máquina de las grandes», Univac 1108, para hacer las nóminas. Se les llenaban las gavetas con cajas de fichas y se les hizo descubrir la potencialidad de las cintas magnéticas y del famoso *fastrand* (¡un disco magnético en forma de



(Izquierda) equipo automatizado de difracción del rayos X del *Rockefeller*, la llamada *churrera* c 1975, durante la visita del ministro Julio Rodríguez (de frente), que atiende a las explicaciones de Severino García Blanco. (Derecha) la doctora Martínez Carrera (IQFR)

cilindro, enorme en tamaño y que giraba a la vertiginosa velocidad de 15 vueltas por segundo!). Época gloriosa aquella en la que desde el departamento se organizó una fantástica (sea dicho con toda humildad) biblioteca de programas de cálculo cristalográfico que cubría absolutamente todas las etapas de una resolución estructural y a la cual se podía acceder desde todas las universidades españolas.

Y así llegamos a los ochenta, y el grupo creció, aunque no sólo en experiencia, sino en años. ¡Pero con computador nuevo! El *Rocky*, como cariñosamente fue bautizado, fue la primera iniciativa de las autoridades del CSIC para llevar las facilidades de cálculo científico a los laboratorios. Se trataba de un sistema completo de la serie VAX-11/750 con un monstruoso disco de 250 MB sobre el que, además del sistema operativo, hubo que ubicar y rediseñar todo el sistema de cálculo cristalográfico, amén de los datos de difracción de cada usuario. Con *Rocky* y con cinco estaciones de trabajo adicionales, ubicadas en varios institutos del CSIC, se estableció la primera red de cálculo científico de la institución, cuya eficacia estuvo fuera de toda duda.

Los noventa llegaron con jubilaciones, algunas involuntarias, prematuras y dolorosas, por ser para siempre, y otras con salud, por lo que hubo necesidad de pensar en ampliar la base, con aires nuevos y, además, con nuevos retos no siempre fáciles de llevar a la práctica. La transformación desde la química estructural a la biología estructural supuso muchos sacrificios y casi un volver a empezar. Nuevas estancias de larga duración, allende nuestras fronteras, con nuevas metas. Antonio Romero y Juliana Sanz lideraron el primer ataque mientras otros observábamos expectantes, con miedo, instalando novedosas herramientas, estudiando. Romero se reubicó tempranamente en el CIB, como igualmente lo hizo Antonio Llamas en Galicia, y Alfonso Martínez en el País Vasco, liderando sus respectivos grupos de Biología Estructural. En el *Rockefeller*, Juan A. Hermoso Domínguez, y Armando Albert (hijo), con el apoyo incondicional de Sanz, representaron la sangre nueva, que desde la Química, la Física y la química-física se

reconvirtieron con el tiempo a biólogos estructurales. Todos ellos, y la oportunidad que las autoridades del CSIC dieron al grupo, con una acción especial que permitió adquirir una nueva fuente de rayos X, con el correspondiente detector y algunas estaciones de trabajo, fueron, son, las raíces del hoy.



Instalaciones del departamento de Cristalografía del Instituto de Química Física del CSIC. De izquierda a derecha y de arriba abajo, laboratorios de Biología Molecular y de Difracción de Rayos X, robots de cristalización y estaciones de trabajo de gran capacidad gráfica (IQFR)

El siglo XXI amaneció espléndido, porque al margen de los trabajos de José Fayos y de Concepción Foces, que sin lugar a duda han mantenido y mantienen muy alto el estandarte de la mejor cristalografía estructural en el amplio sentido, los miedos y la expectación inquietante de algunos, durante los noventa, se tornaron en satisfacción, aunque nunca en acomodo. El departamento de Cristalografía actual, el del siglo XXI, que se sintió muy beneficiado por la incorporación de otro investigador novel, José Miguel Mancheño, es un departamento moderno, inmejorablemente bien equipado en calidad científica y humana, aunque aún mejorable en equipamiento científico. Lidera proyectos ambiciosos, ha incorporado técnicas de alto rendimiento, robots de cristalización, es cliente asiduo de las fuentes de radiación sincrotrón, participa activamente en el proyecto ALBA y mantiene una producción científica que se explica por sí sola y que se compara con lo mejor de hoy día en el campo de la biología estructural. Y lo que también es muy importante, es un grupo bien asentado en el instituto y con fácil y pronta colaboración con otros departamentos, con otras instituciones. Pero lo que es aún más gratificante es que podemos hablar también

de promesas, ya que este grupo de cristalógrafos jóvenes tiene a otros que les siguen muy de cerca, Lourdes Infantes y Beatriz González, y otros detrás, María José Sánchez, Inmaculada Pérez, Rafael Molina, y más, que ya están ahí.

Esta historia, esta actualidad y estas promesas son la satisfacción del que escribe que, sin la menor intención de caer en la ternura fácil, propia de la edad, recuerda a un discutido director de un instituto del CSIC, al que le oí decir por primera vez aquello de que «otros vendrán que bueno me harán». Pues bien, aquella máxima no funciona, al menos en lo que al departamento de Cristalografía actual se refiere. Los que se fueron (con especial recuerdo a mi compañero de toda la vida, Félix Hernández Cano) y los que todavía quedamos, nos vamos, nos iremos, con otra música, con la tonadilla de la satisfacción de ver que aquí quedan los mejores. Vale.

El edificio *Rockfeller*
en los años cuarenta
(colección Justo Formentín)



El Departamento de Espectroscopía y Estructura Molecular

Jorge Montoro

Instituto de Química-Física, CSIC

Poco después de la creación del Instituto de Química Física Rocasolano, en su sección de Química Física Pura surge un interés por la espectroscopía molecular, posiblemente como consecuencia de las visitas en 1949 de Jean Cabannes (decano de la Facultad de Ciencias de París) y Harold W. Thompson (jefe de Espectroscopía del Physical Chemistry Laboratory de la Universidad de Oxford) y de las conferencias que pronuncian. Como consecuencia de ello, Jesús Morcillo se traslada a Oxford, pensionado por el CSIC, para iniciarse en las técnicas experimentales de espectroscopía infrarroja y Raman. A su regreso, en junio de 1951 se crea en el instituto la sección de Espectroscopía Molecular. En 1952 se adquiere un espectrógrafo de infrarrojo Perkin Elmer 112 y con la incorporación de José Herranz se comienza a trabajar en la determinación de intensidades absolutas de bandas infrarrojas de gases y posteriormente, con la colaboración de Julio Fernández Biarge, del Laboratorio Matemático del instituto, en su interpretación teórica. A finales de la década Morcillo, Herranz y Fernández Biarge desarrollan

la teoría de los tensores polares atómicos, que relacionan las intensidades de las bandas infrarrojas con las propiedades polares de los enlaces químicos. Esta teoría, poco difundida en sus inicios, acabaría por dar relevancia internacional al denominado grupo de Madrid. Una idea de su importancia la puede dar el hecho de que el trabajo definitivo sobre el tema, publicado en *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química* en 1961, en español, ha recibido hasta la fecha más de doscientas (Fernández Biarge, Herranz y Morcillo, 1961: 81-92).

A mediados de los años cincuenta, se incorporan a la sección José Manuel Orza y Ernesto Gallego, que comienzan a trabajar sobre las vibraciones normales de moléculas heterocíclicas pentagonales y en el estudio de asociaciones moleculares del tipo de transferencia de carga, respectivamente. Al primer tema se incorporaría Manuel Rico en 1959. Es de destacar la introducción en este tipo de estudios de la síntesis específica de derivados deuterados de furano, tiofeno y pirrol, única manera de llevar a cabo un asignación fiable de frecuencias a modos normales de vibración, así como para facilitar el cálculo de constantes de fuerza y conducir, en suma, a una completa descripción de las vibraciones moleculares de estas moléculas. Las asignaciones propuestas en esas fechas (años sesenta) continúan vigentes y los trabajos en los que se describen superan las cien citas.



Laboratorio de RMN del Instituto de Química Física del CSIC, c 1985 (IQFR)

Con objeto de ampliar las posibilidades de la sección de de Espectroscopía Molecular del Rocasolano, Orza se traslada en 1961 a la sección de Química Analítica de la Universidad de Lieja con una beca de la Fundación Juan March, para especializarse en espectroscopía Raman, y Rico en 1963 al Imperial College de Londres para aprender la técnica de resonancia magnética nuclear (RMN), de creciente interés. Como consecuencia de esta estancia, en 1964 se instala en el instituto el primer espectrómetro de RMN de nuestro país, un espectrómetro Perkin Elmer R10, que operaba en onda continua a 60 MHz y que carecía de anclaje de la relación frecuencia a campo, del que Rico se hace cargo. Como tema principal de investigación Rico aborda la determinación precisa de parámetros magnéticos, desplazamientos químicos y constantes de acoplamiento, fundamentalmente con la tesis de Ernesto Díez. Por su parte Orza continúa a su regreso con el estudio de las vibraciones normales de heterociclos pentagonales a la vez que comienza, con la tesis de Daniel Escolar, la construcción de un espectrómetro Raman que utilizaba una lámpara de Toronto como excitatriz y un fotomultiplicador como sistema de registro. Este espectrómetro se construye en la Facultad de Ciencias, ya que al haber obtenido Morcillo la cátedra de Espectroscopía de la Universidad Complutense de Madrid, la investigación de la sección se lleva a cabo a caballo entre ambas instituciones. Morcillo, que poco a poco va desplazando el centro de gravedad de sus investigaciones a la universidad, continúa trabajando en el tema de las intensidades de gases en infrarrojo (con Ricardo de la Cierva, Miguel de la Lastra, Antonio Medina, L. J. Zamorano y José María Vicente Heredia) y dirige conjuntamente con Gallego el estudio de la intensidad y forma de la banda de tensión del enlace C=O en disolución, tema de trabajo de Paloma de la Cruz, Rafael Trabazo y José María Sánchez. En cuanto a Herranz, que había pasado varios años en laboratorios extranjeros, primero en el Illinois Institute of Technology de Chicago y luego en el National Research Council en Ottawa, dedicándose al estudio de la estructura rotacional de las bandas de vibración, empieza a explorar métodos simplificados de cálculo de funciones potenciales de vibración, tema al que se incorpora Fernando Castaño.

En 1968, como consecuencia de la reestructuración del CSIC, la sección de Espectroscopía Molecular pasa a ser departamento de Estructura Molecular y Espectroscopía, dirigido por Jesús Morcillo y compuesto por las secciones de Espectroscopía Molecular (Herranz), Física Molecular (Orza) y los laboratorios de RMN (Rico) y Biología Molecular (Gallego). Herranz continúa con el cálculo de funciones potenciales y aborda el estudio de vibraciones de red en aminoácidos, temas en los que realizan su tesis doctoral José Luis Nieto, José María Delgado, Miguel Castiñeira, Pilar Gómez Sal y Cristina Gómez Aleixandre. Castaño, por su parte, emprende investigaciones sobre cristales líquidos y sobre actividad óptica en dicroísmo circular y dispersión óptica rotatoria. En dichos temas trabajan Alfonso Cigarrán y María Luz García y realiza su tesis Antonio Traspaderne. Estas líneas de investigación desaparecerían del departamento al ganar Castaño la cátedra de Espectroscopía de la Universidad del País Vasco en 1973 y abandonar el instituto. En cuanto a Orza, emprende, con la tesis de Salvador Montero, la construcción de un espectrómetro Raman mejorado, utilizando un láser como fuente excitatriz y mejorando la óptica y el sistema monocromador. Este espectrómetro también se construye en la Facultad de Ciencias. Posteriormente, tras la instalación en

1972 de un espectrómetro Raman láser comercial en el instituto, aborda el estudio de intensidades Raman absolutas, el desarrollo de métodos de cálculo de constantes de fuerza y la determinación de éstas en el caso de un conjunto de moléculas cíclicas octogonales, temas de las tesis doctorales de Dionisio Bermejo, Rafael Escribano y Concepción Domingo. En el Laboratorio de Biología Molecular, Gallego se ocupa del estudio de asociaciones moleculares de bases púricas y pirimidínicas mediante espectroscopía IR y UV, con las tesis de Ángel Rodríguez de Bodas y Fernando Peral. En lo que concierne al laboratorio de RMN, se llevan a cabo estudios conformacionales y estructurales, fundamentalmente de interés biológico: análogos de nucleósidos, antibióticos que inhiben la biosíntesis de proteínas, modelos de membranas, interacción de antidepressivos con membranas. Realizan su tesis en ésta época Pedro Arangüena, Jorge Santoro, Ernesto Martínez Ataz, José García, Juan Fernández Santarén y Javier Bermejo. Gran parte de estos estudios se llevan a cabo con un espectrómetro de 90 MHz, Bruker HX-90-E, que se instala en 1973, capaz de operar tanto en la modalidad de onda continua como en la de Fourier.



De izquierda de derecha, Nieto, Rico y Santoro, acompañados de las azafatas de un congreso celebrado hacia 1983 (IQFR)

En 1976 varios grupos del Instituto Rocasolano fundan el Instituto de Estructura de la Materia (IEM). Como consecuencia de ello el departamento de Estructura Molecular y Espectroscopía se divide, pasando la sección de Física Molecular a formar un departamento del nuevo instituto, mientras que el resto permanece en el Rocasolano. En 1978 Morcillo deja de estar adscrito al departamento, que poco después, en 1980, se traslada al IEM, aunque permanece físicamente en su antigua sede del edificio *Rockefeller*.

Los últimos veinticinco años

En el año 1982 el departamento de Estructura Molecular y Espectroscopía estaba formado por dos profesores de investigación (Herranz y Rico), un investigador (Gallego), dos colaboradores científicos (Nieto y Santoro) y tres técnicos (Apolo Gómez, Cristina López y Luis de la Vega). Las diversas investigaciones que llevaban a cabo sus miembros habían confluído en el estudio de moléculas biológicas, y dada la creciente importancia de la RMN en estudios biológicos, se había decidido aunar esfuerzos de modo que pudieran abordarse investigaciones de más entidad, que tuvieran ésta técnica como punto central. Para ello se propuso un proyecto denominado «Espectroscopía Molecular de Ribonucleasa en Disolución: Descripción a Nivel Atómico de su Estructura, Microdinámica y Mecanismo de Acción». La ribonucleasa presenta la característica de que es posible escindirla en dos fragmentos, S-péptido de 20 aminoácidos y S-proteína de 104, que en disolución se unen de modo no covalente recuperándose la actividad enzimática. La investigación comenzó por el estudio del S-péptido aislado, para el que se asignaron todas las señales de protón. La mayor parte se realizó a 90 MHz, aunque en las etapas finales se hizo uso de espectros a 300 MHz que había registrado Nieto en Oxford. El estudio se llevó a cabo con espectroscopía monodimensional (todavía no se había desarrollado la espectroscopía 2D), por lo que además de los habituales espectros de doble resonancia se había hecho uso de cambios de temperatura y de pH, que habían mostrado comportamientos espectrales inesperados o cuando menos curiosos. Un análisis en profundidad de este comportamiento, realizado ya con un espectrómetro de 360 MHz, instalado a finales de 1981, llevó a proponer simultánea e independientemente con el grupo del profesor Robert L. Baldwin en Stanford que el S-péptido aislado, en disolución acuosa, adopta a bajas temperaturas una conformación de hélice que se extiende a los mismos residuos que en la ribonucleasa completa. Este descubrimiento, que estaba en contradicción con el comportamiento predicho para péptidos de longitud pequeña por los modelos fisicoquímicos existentes, distorsionó por completo el proyecto inicial, de modo que se llevó a cabo un estudio muy completo del S-péptido en el que, entre otras cosas, se demostró que el puente salino Glu 2-Arg 10 y la interacción Phe 8-His 12 estabilizaban la hélice y se caracterizó termodinámicamente el equilibrio hélice-ovillo estadístico.

Del estudio del S-péptido surgió la pregunta de si su comportamiento era una característica general o se trataba de un caso particular en el que las interacciones locales tomaban el papel de las interacciones terciarias en la proteína completa. A esta pregunta se dio respuesta con el estudio de fragmentos de ribonucleasa y de otras proteínas, que adoptan en la proteína completa estructura de hélice, estudio que constituyó, en parte, la tesis doctoral de María de los Ángeles Jiménez. Se encontró que todos ellos muestran una propensión apreciable a formar hélice en disolución acuosa. Estos estudios se realizaron inicialmente con espectros monodimensionales y posteriormente usando espectros bidimensionales COSY para la asignación. Los estudios de la propensión de péptidos a adoptar estructura de hélice- α proporcionaron al grupo relevancia internacional.



Estructura tridimensional de la ribonucleasa A, la primera obtenida en España por métodos RMN (IQFR)

A mediados de los años ochenta el grupo del profesor Kurt Wüthrich había desarrollado métodos para la determinación de la estructura tridimensional de proteínas a partir de datos de RMN, por lo que, con la incorporación de Marta Bruix como becaria postdoctoral y de Carlos González y José Luis Neira como becarios predoctorales, se retomó el proyecto de la descripción a nivel atómico de la estructura y dinámica de ribonucleasa, dedicándose González a los aspectos estructurales y Neira a los dinámicos. Con espectros bidimensionales de protón y una tecnología que se asemeja a una versión diabólica del famoso damero maldito de Conchita Montes, se asignó por completo, con un espectrómetro de 360 MHz, el espectro de ribonucleasa A. Incluso, con el número limitado de efectos NOE que es posible observar y asignar a ese campo, se obtuvo una estructura tridimensional suficientemente definida como para afirmar que la estructura de ribonucleasa en disolución es igual, en los aspectos globales, a la determinada en el cristal mediante difracción de rayos X. Posteriormente, con espectros de 600 MHz, obtenidos en un nuevo espectrómetro instalado en 1990, se consiguió la observación y asignación de un mayor número de correlaciones NOE, un número importante de asignaciones estereoespecíficas de protones de centros proquirales y, haciendo uso del método de la matriz de relajación completa, una estructura tridimensional con una muy buena definición, especialmente en los elementos de estructura secundaria. Se trata de la primera estructura tridimensional de una proteína obtenida en España por métodos de RMN.

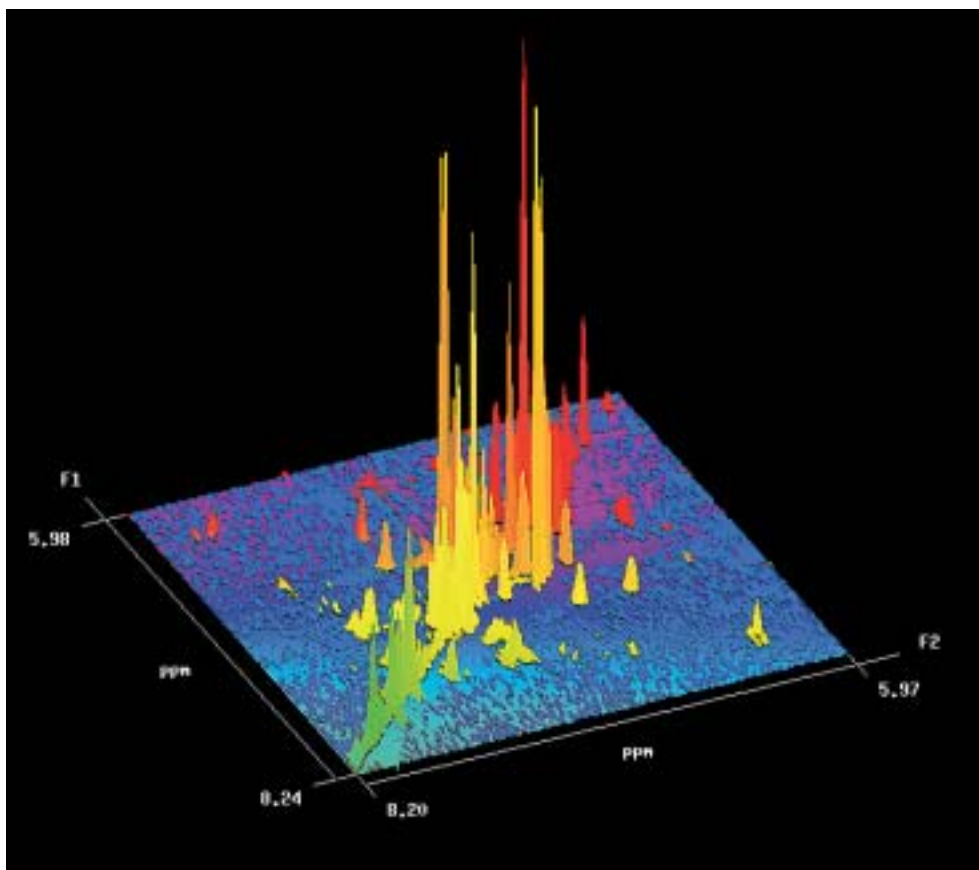
A finales de los años ochenta se comprobó que, en contra de la opinión general, los péptidos a pesar de encontrarse en equilibrio entre una forma estructurada y la de ovillo estadístico, o también en ese último estado, muestran efectos NOE detectables si se usan condiciones experimentales adecuadas. Esto facilitaba grandemente los estudios estructurales de péptidos, por lo que a finales de la década de 1980 y principios de la de 1990, con la tesis doctoral de

Francisco Blanco, se empezó a investigar la propensión de péptidos a adoptar otras formas de estructura secundaria distintas de la hélice- α , así como a hacerlo con péptidos diseñados al efecto. En un estudio de un fragmento de la proteína tendamistat se observó la presencia de varios giros β , entre ellos el presente en la proteína completa, en equilibrio de interconversión rápido. A partir de la secuencia de tendamistat, se diseñó un péptido que adopta la estructura de una horquilla β , estructura que hasta entonces solo se había detectado en disolución acuosa en fragmentos de proteína de gran tamaño o en proteínas completas.

A lo largo de los años noventa se estudian muchas proteínas en el grupo. Entre ellas se pueden destacar: FGF o Che Y, por las colaboraciones duraderas establecidas con los grupos de Guillermo Giménez-Gallego y Luis Serrano; la proteína antifúngica, por presentar un plegamiento nuevo; citocromo, termolisina, ribonucleasa pancreática humana y ribonucleasa Sa, por corresponder a colaboraciones internacionales; la albúmina 2S de colza, por introducir al grupo en el campo de las proteínas alergénicas, y α -sarcina, por corresponder junto con la anterior a una colaboración fructífera y continuada establecida con el departamento de Bioquímica y Biología Molecular I de la Universidad Complutense de Madrid. Igualmente durante la década de 1990 y hasta la actualidad pasa por el departamento de Estructura Molecular y Espectroscopía un número importante de becarios pre y postdoctorales con objeto de profundizar en sus conocimientos de RMN o de aprovechar su infraestructura de RMN para sus estudios. Los temas de que se ocupan son principalmente estructura de péptidos y proteínas, aunque también un tema nuevo, estructura de ácidos nucleicos, que introduce Carlos González. Entre los españoles podemos citar a Julia Córdoba, María del Carmen Peña, Paz Sevilla, Jaime Pascual, Francisco Conejero, Antonio Pineda, Rosa Lozano, Jesús Prieto, Nuria Escaja, Ana Rosa Viguera, Fernando Bergasa, Roger Vila, María Nieto, Víctor Muñoz, Jesús Zurdo, Miriam Frieden, Vicente Marchán, Daniel Pulido, Joan Casals, María Dolores Molero, Julia Viladoms, Silvia Mosulén, Luis Simón y Adela Candel, y entre los extranjeros a Andreas von Stosch, Rodrigo Bustos, Emmanuel Lacroix, Subramanian Padmanabhan, Grant Langdon, Abderrahman El-Joubari, José Ramón del Bosque, Pascal Garcia, Douglas V. Laurents, Catherine Toiron, Ann Westerholm, Aurora Martínez, Ana C. Sacilotto, François Brygo, Katalin Kövér, Anjos Macedo, Eurico Cabrita y Carlos Salgueiro. Alguno de estos últimos se establecería en España y acabaría formando parte del departamento.

En esta década de los noventa obtienen plaza de científico titular del CSIC Jiménez, Bruix y González, y por otro lado el grupo pierde varios de sus componentes: a Gallego y Herranz por jubilación y, lamentablemente, por fallecimiento cuando estaba en su etapa científica más brillante, a Nieto. A pesar de ello, el estudio de péptidos, que fundamentalmente dirigía él, continúa con la tesis de Eva de Alba y posteriormente con la de Clara Santiveri. En ellas se diseñan diversos péptidos que adoptan estructura de horquilla β o de lámina β de tres hebras, con el objetivo de alcanzar un mejor entendimiento de las fuerzas responsables de su formación y estabilidad.

En el campo de ácidos nucleicos se inician nuevos proyectos como el estudio de estructuras no canónicas del ADN (estructura de hélices triples y cuádruplas).



Espectro de RMN bidimensional (IQFR)

ples), ADN con modificaciones químicas (lesiones) e interacciones del ADN con péptidos y pequeños ligandos. La mayor parte de esos proyectos se realizan en colaboración con grupos expertos en síntesis de oligonucleótidos, como los de Enrique Pedroso, Anna Grandas y Ramón Eritja, o teóricos, como los de Modesto Orozco y Federico Gago. Durante estos años se inicia una duradera y productiva colaboración con Juan Luis Asensio, del Instituto de Química Orgánica del CSIC, en el campo de interacciones de carbohidratos con proteínas y ácidos nucleicos, fundamentalmente RNA. En esas líneas de investigación realizan sus tesis doctorales Nuria Escaja e Irene Gómez Pinto.

Volviendo a las proteínas, uno de los estudios más completos llevados a cabo es el de α -sarcina. En la tesis doctoral de Ramón Campos Olivas se determinó la estructura tridimensional y se hicieron estudios preliminares de la dinámica. Posteriormente, en la de José Manuel Pérez Cañadillas se caracterizó electrostáticamente la proteína, obteniéndose los pK_a de todos los residuos titulables y se completaron los estudios dinámicos. Por último, en la de María Flor García Mayoral, ya en el siglo XXI, utilizando secuencias de pulsos y métodos de medida puestos a punto por David Pantoja, se incorporaron medidas de constantes dipolares residuales al cálculo de la estructura, mejorando muy significativamente la precisión y calidad de la estructura tridimensional. Paralelamente en el tiempo,

Pantoja llevó a cabo en su tesis el estudio estructural de varias albúminas que tienen interés por ser alergénicas. Se empezaba con ello un tema de investigación que en la actualidad se continúa en el departamento con la caracterización de las proteínas alergénicas del polen del olivo.

(Izquierda) espectrómetros RMN de alto campo, en primero plano, y Burker AV-600, al fondo, del Instituto de Química Física del CSIC (IQFR).
(Derecha) Modelo de formación de un *cross-link* entre un oligonucleótido platinando y el ADN



A principios del siglo actual el departamento de Estructura Molecular y Espectroscopía, de nuevo sin modificar su ubicación, vuelve a depender administrativamente del Instituto de Química Física Rocasolano y cambia su nombre por el de Espectroscopía y Estructura Molecular. Poco después de este cambio de adscripción se instala un espectrómetro de 800 MHz y se renueva toda la electrónica del de 600 MHz, al que además se equipa con una criosonda que opera a una temperatura de 30 K, consiguiendo con ello un importantísimo incremento de sensibilidad. La gran envergadura de todo este equipamiento obliga a trasladar el laboratorio a un edificio contiguo al edificio *Rockefeller*, que se dedica por completo a la espectroscopía de RMN. Paralelamente, con la incorporación de Miguel Ángel Treviño, se emprende la tarea de montar un laboratorio propio de Biología Molecular para la producción de muestras de proteínas recombinantes. En 2005 obtienen plaza de científico titular Laurents y Padmanabhan, y en 2007 Rico llega a la edad de jubilación, aunque continúa su labor de investigación y su adscripción al departamento en condición de doctor vinculado *ad honorem*. Los temas de investigación de que se ocupan actualmente los miembros del departamento son variados: diseño y relaciones estructura-actividad en péptidos; estructura, estabilidad y plegamiento de proteínas; estructura de ácidos nucleicos; reconocimiento molecular: interacciones entre biomoléculas. En estos temas se encuentran realizando su tesis doctoral Inés Castrillo, Esther León, Jorge Pedro López Alonso, Jaime López de la Osa, Yasmína Mirassou y Miguel Ángel Pardo.

Plano de la primera planta del *Rockefeller*, dedicada Física-Química, donde se encuentra el departamento de Biofísica (IQFR)



El departamento de Biofísica

A. Ulises Acuña

Instituto de Química-Física, CSIC

El día 5 de mayo de 1989 se creó en el Instituto de Física Química Rocasolano la unidad Estructural de Investigación (UEI) de Biofísica Espectroscópica, completándose así la reestructuración del centro en nueve UEI. Era la primera vez que aparecía la biofísica con este rango en el organigrama del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), y tampoco había muchos ejemplos en otras instituciones. La denominación de UEI no duró mucho, y ésta en concreto se convirtió en departamento de Biofísica. La unidad estaba compuesta por los doctores Alberto Ulises Acuña (investigador científico jefe), José González (investigador científico), María Victoria Álvarez (colaboradora científica), Juan José Calvete (colaborador científico), María Pilar Lillo (colaboradora científica) y María Pintado (colaboradora científica), con el apoyo de doña Gloria Pinillos (ayudante de investigación). Las doctoras Álvarez y Pintado y Pinillos estaban adscritas anteriormente a la UEI de Cinetoquímica y Radioisótopos, mientras que el resto del personal científico provenía en ese momento de la de Química-Física de Macromoléculas Biológicas. Este grupo

llevaba ya varios años colaborando en proyectos de investigación comunes relacionados con la biofísica.

Los objetivos iniciales más importantes del nuevo departamento-UEI consistían en tratar de interpretar propiedades funcionales de proteínas y membranas biológicas a partir de procesos de dinámica molecular e interacciones intermoleculares. En el grupo se utilizaba una gran variedad de métodos experimentales para esta investigación, entre los que destacaban los basados en espectroscopías ópticas de absorción, emisión y polarización con resolución temporal, lo que explica un poco la denominación inicial de la UEI. La preferencia por este tipo de espectroscopías se debía no solamente a su indudable utilidad en estos estudios, sino también a la propia experiencia de varios de los investigadores del nuevo departamento. El doctor González había intervenido en el desarrollo de la primera técnica espectroscópica para cuantificar la movilidad rotacional de proteínas en membranas naturales con resolución de μs (Naqvi *et al.*, 1973: 249), durante su estancia en la Universidad de Sheffield (Reino Unido). Además, al poco tiempo de su incorporación al Instituto Rocasolano había puesto en marcha un proyecto para investigar la membrana púrpura de *H. halobium*, que incluía estudios espectroscópicos de la fotoproteína bacterio-rodopsina (BR) mediante fotólisis de destello. Los primeros estudios espectroscópicos de BR, en suspensiones de membranas bacterianas y con resolución temporal de μs , se realizaron en 1975, utilizando un sistema de fotólisis de destello de lámparas de descarga que empleaba el doctor Acuña.

Este espectrómetro había sido el primero que se montó en España, y su origen puede tener interés para la historia de la fotoquímica en nuestro país. A finales de la década de los años cincuenta la doctora María Josefa Molera, y unos años más tarde el doctor José Antonio García Domínguez, ambos de la sección de Cinetoquímica del Instituto Rocasolano, habían visitado los laboratorios de sir George Porter (Universidad de Sheffield) para conocer los entonces revolucionarios métodos de fotólisis de destello, que permitían estudiar reacciones de radicales y estados tripletes con resolución temporal. Con el propósito de realizar en España estudios fotoquímicos de este tipo, la doctora Molera y el doctor Garía Domínguez, dedicaron un esfuerzo notable durante varios años para reunir instrumentos ópticos, eléctricos y electrónicos que eran necesarios para este montaje, proyecto al que se incorporó en 1969 el doctor Acuña. Finalmente, en 1971 se pudieron obtener, por primera vez en nuestro país, espectros de absorción de estados tripletes con resolución temporal de μs , y poco más tarde (Acuña *et al.*, 1975: 22) ya se realizaban medidas de vidas medias de tripletes y fosforescencia en matrices vítreas a 77 K (figura 1). Este sistema se substituyó posteriormente (1981) por un espectrómetro láser de fotólisis de destello, con resolución de 40 ns, dentro del proyecto de «Membrana Púrpura de *H. halobium*».

Los doctores González y Acuña pusieron en marcha, también en esa misma época (1978), un espectrómetro de fluorescencia con resolución temporal de ns para el estudio de bicapas lipídicas y membranas biológicas. Este sistema fue utilizado posteriormente por la doctora Lillo para sus estudios doctorales sobre conformación e hidrodinámica molecular de fibrinógeno en disolución, utilizando métodos de despolarización de fluorescencia.

Figura 1. Espectros de la emisión de fosforescencia (1) y absorción del estado triplete del ácido benzoico (3-6) en una matriz a 77K, obtenidos mediante fotólisis de destello en 1974 en la sección de Cinetoquímica del Instituto Rocasolano (Acuña *et al.*, 1975: 22).



A principios de la década de los noventa la investigación que se realizaba en el recién creado departamento de Biofísica se puede agrupar esencialmente en dos líneas. Por una parte los doctores González y Álvarez realizaban estudios estructurales y funcionales del receptor de fibrinógeno en plaqueta humana α IIb β 3, utilizando, además de técnicas físicas como la microscopía electrónica, una gran variedad de métodos químicos e inmuoquímicos. Asimismo, se estudiaban procesos dinámicos de la molécula de fibrinógeno, su receptor y la membrana plaquetaria, usando técnicas de despolarización de fluorescencia y de dicroísmo de sondas de tripletes con resolución temporal, experimentos en los que participaban los doctores Acuña y Lillo. Por otra parte, en el departamento se realizaban una serie de investigaciones de tipo fotoquímico y fotofísico en sistemas moleculares más simples, utilizando el mismo tipo de métodos espectroscópicos y bajo la dirección del doctor Acuña. Una parte de estos experimentos, realizados en colaboración con el doctor Francisco Amat, del Instituto de Química Orgánica General (CSIC), estaba dirigido al desarrollo de nuevos tipos de láseres sintonizables, así como de nuevas sondas moleculares y etiquetas fluorescentes/fosforescentes para el marcado de proteínas y lípidos.

En los años 1995-1996 se realizaron en el departamento los primeros estudios de hidrodinámica molecular de proteínas utilizando despolarización de fosforescencia (figura 2), y se completó la instalación de un espectrómetro láser de fluorescencia con resolución temporal de picosegundos. Este nuevo espectrómetro permitió la introducción de los métodos difusionales y de transferencia de energía electrónica con resolución temporal por la doctora Lillo, de gran utilidad para el estudio de la conformación e interacciones en una gran variedad de sistemas macromoleculares de interés biológico (figura 3). Asimismo, se iniciaron los primeros estudios de marcado fluorescente de medicamentos

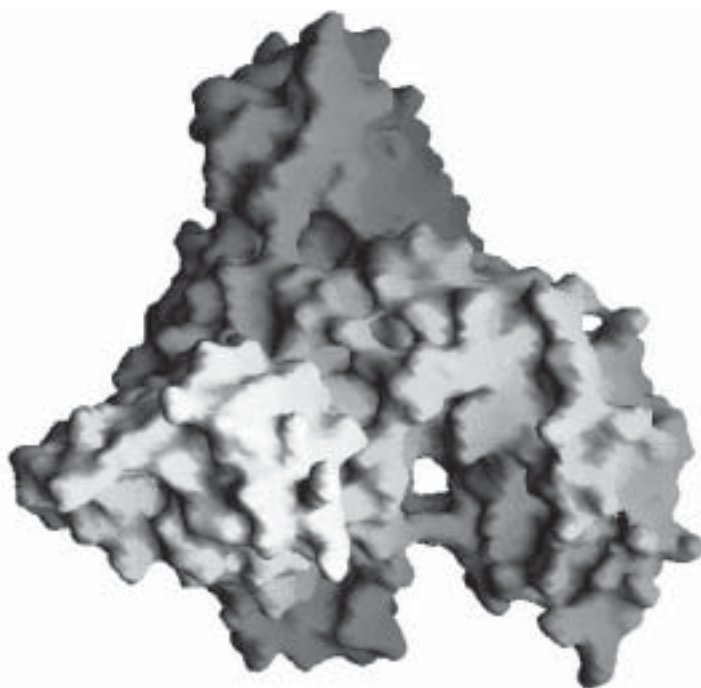


Figura 2. Conformación de la molécula de albúmina en disolución, estudiada en el departamento de Bioquímica del Instituto de Física-Química del CSIC mediante despolarización de fosforescencia inducida por láser.

anticancerosos y antiparasitarios, para la identificación de sus dianas terapéuticas (doctores Acuña y Amat). También en esta época se produjeron varias jubilaciones y traslados en el personal científico del departamento, que no fueron compensados con nuevas incorporaciones. Por tanto, toda esta variedad de investigaciones no hubiera sido posible sin la contribución de un grupo entusiasta y dedicado de investigadores post-doctorales y de estudiantes de doctorado.

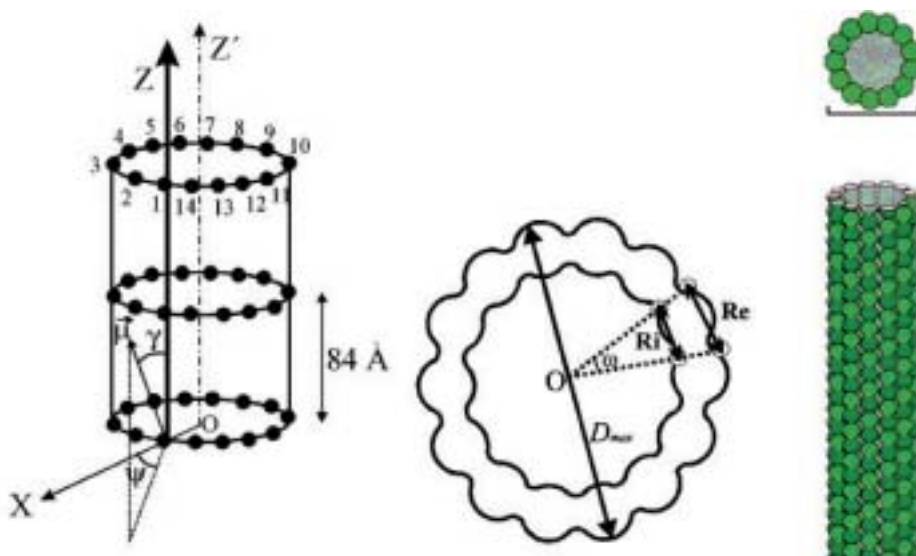


Figura 3. Estudio de la interacción taxol-citoesqueleto, mediante espectroscopía de fluorescencia láser de picosegundos y una nueva teoría de transferencia de energía electrónica en nanotubos (Lillo et al., 2002: 12.436).

En los años más recientes la actividad investigadora del departamento se puede resumir en las líneas siguientes. Por una parte se han mantenido activas la investigación sobre propiedades estructurales, dinámicas y funcionales del receptor del fibrinógeno en plaqueta humana y los estudios de mecanismos de acción de medicamentos marcados con etiquetas fluorescentes (figura 4).

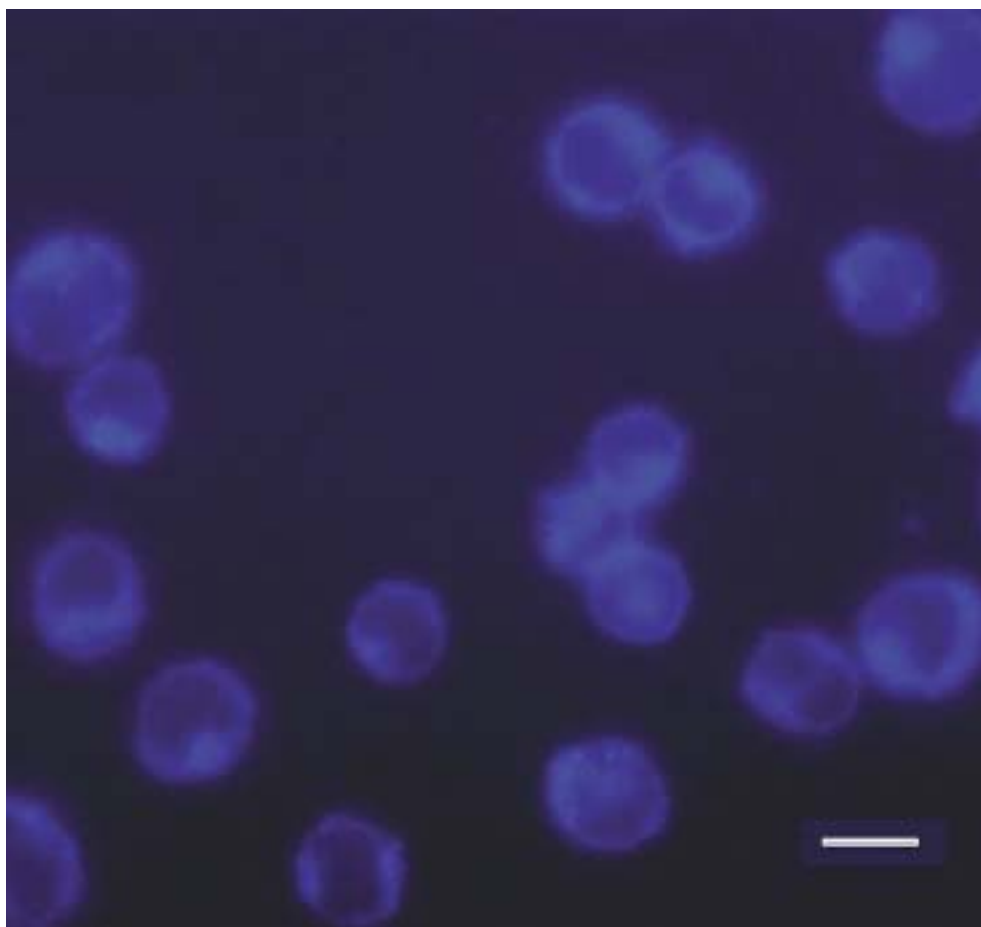


Figura 4. Células leucémicas humanas, marcadas con un análogo fluorescente y bioactivo de un éter-lípido anticanceroso obtenido en el departamento de Biofísica del Instituto de Física-Química del CSIC, que induce la muerte programada únicamente en células malignas.

Por otra parte se ha llevado a cabo la aplicación de los métodos difusionales y de transferencia de energía citados a nuevos problemas de flexibilidad y aglomeración macromolecular, y a interacciones proteína-ADN. Los estudios de fotofísica fundamental se han orientado al desarrollo de teorías sobre la transferencia de energía entre estados tripletes y de nuevos grupos fluorescentes. Asimismo, se ha completado la larga búsqueda del fluoróforo que da lugar a la enigmática emisión del *Lignum nephriticum*, descrita por Nicolás B. Monardes (1565) en el siglo XVI (figura 5). En los aspectos instrumentales, se ha extendido la resolución temporal del espectrómetro láser a la zona del femtosegundo, al

mismo tiempo que se ha iniciado (doctora Lillo) la instalación de un sistema de microespectroscopías de fluorescencia y polarización con resolución temporal, que permitirá realizar una gran variedad de estudios biofísicos directamente sobre células individuales.



Figura 5. Retrato de Nicolás B. Monardes (Sevilla, 1508-1588), que describió por primera vez en Europa el fenómeno de la fluorescencia, en el extracto acuoso de una planta medicinal (*Lignum nephriticum*) utilizada por los mexicas precolombinos (pintura de Manuel Barrón, Institución Colombina, Sevilla).

Una de las páginas dedicadas al CSIC del libro de Ibáñez Martín (1950), concretamente al Patronato Alfonso X El Sabio en que se integró el Instituto de Química Física. En la parte inferior, uno de sus laboratorios



El departamento de Química Física de Macromoléculas Biológicas

Margarita Menéndez
Instituto de Química-Física, CSIC

El 1 de marzo de 1946 se crea, por Real Decreto, el Instituto de Química-Física Rocasolano y en el acta fundacional aparece la «química-física de los procesos biológicos» como una de las cinco áreas de investigación que debía desarrollar. A diferencia de lo que ocurría en otros ámbitos, no había una tradición previa de investigación en Biología utilizando las herramientas propias de la química-física. Los laboratorios de la sección de Química-Físicas de Procesos Biológicos, dirigida por el doctor Ramón Portillo (discípulo del doctor José Casares Gil), se trasladaron muy pronto a los laboratorios de éste en la Facultad de Farmacia de Madrid, pasando a depender finalmente del Patronato Santiago Ramón y Cajal del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en 1953. La principal línea de trabajo fue el estudio polarográfico de sustancias biológicas. Simultáneamente, y tras la creación de las secciones del Instituto Rocasolano en provincias (desaparecidas a finales de los años cincuenta), en la Universidad de Santiago de Compostela se comienza a trabajar en monocapas de ácidos grasos, ácidos bilia-

res y proteínas bajo la dirección del profesor Enrique Otero. Tras estas dos primeras iniciativas, el embrión de lo que pasaría a ser la investigación en química-física biológica en el Rocasolano en general, y en el departamento de Química-Física de Macromoléculas Biológicas en particular, se generó gracias a dos de las premisas que guiaron la política científica del nuevo instituto: la formación de personal y su incorporación al mismo tras especializarse en centros internacionales de prestigio y el desarrollo de una investigación multidisciplinar.

A mediados de los años cincuenta, y tras una estancia postdoctoral del doctor Juan Llopis con el profesor Eric Rideal (King's College), la sección de Química-Física de Superficies y Coloides comienza a trabajar en monocapas de proteínas, poliaminoácidos y agentes tensioactivos. Simultáneamente, en el Laboratorio de Radiobiología, creado por la doctora María Domínguez Astudillo tras su estancia en el Radiochemical Laboratory of Cambridge (con el doctor Alfred G. Maddock), se inicia el estudio de procesos metabólicos, el transporte y adsorción a través de membranas, los efectos de la radiación en proteínas y la acción de agentes radio/químio-protectores utilizando técnicas radioquímicas. Los nuevos laboratorios se fueron montando a base de paciencia, artesanía y con muy poca financiación, por lo que la capacidad del de Técnicas Especiales y de los distintos talleres del instituto para desarrollar instrumentación (un rasgo distintivo durante muchos años de la actividad del Rocasolano) fue esencial en la implantación de las nuevas líneas y metodologías.



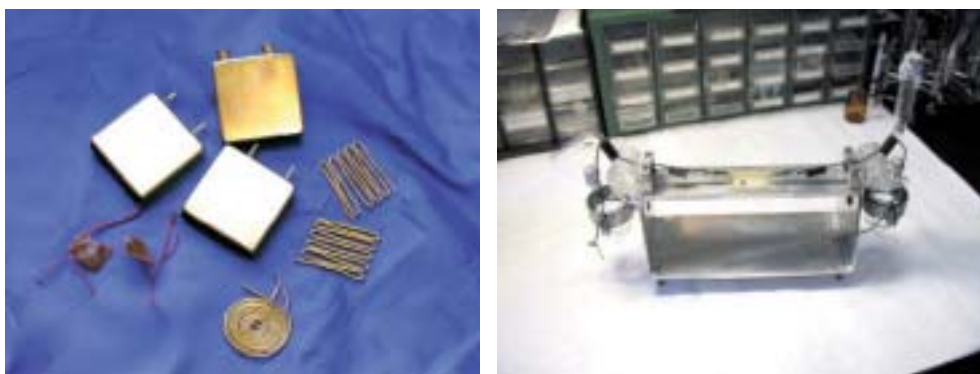
Albert c 1953 (IQFR)

A partir de 1959, y tras la especialización del doctor Armando Albert con el profesor Paley Johnson en Cambridge, se inicia el estudio químico-físico de proteínas plasmáticas y su desnaturalización por diversos agentes. Se construyen equipos de difusión de luz y electroforesis libre y se adquiere la primera centrífuga analítica instalada en España, lo que permite trabajar en la caracterización hidrodinámica (tamaño y forma) de macromoléculas y sistemas supramoleculares y en el estudio termodinámico de sus interacciones. En 1964 se crea un servicio de ultracentrifugación, dirigido por la doctora Pilar Usobiaga, cuyo objetivo es cubrir las necesidades de cualquier grupo de investigación en ese campo. Uno de sus trabajos fue la determinación de la masa molecular del fago 29 en colaboración con los doctores Vicente Rubio, Margarita Salas y Eladio Viñuelas del Instituto Gregorio Marañón del CSIC (Rubio *et al.*, 1974: 112-121). Con una breve interrupción en los noventa y las necesarias actualizaciones del equipamiento científico, este servicio ha permanecido activo desde entonces, estando dirigido en la actualidad por el doctor José Luis Sáiz. Esta iniciativa pionera sería seguida por la creación de otros servicios como los de electroforesis y cromatografía a finales de los sesenta. Fueron años de una fuerte actividad formativa (dentro y fuera de la institución) en los que las publicaciones internacionales son todavía poco frecuentes y la difusión a nivel mundial del trabajo se hace fundamentalmente a través de congresos, un intenso programa de visitas a los mejores centros de investigación y la invitación a científicos de prestigio para realizar estancias o impartir conferencias en el instituto.

En 1968 se reestructura por primera vez el instituto y dentro del nuevo departamento de Química-Física de Superficies y Electroquímica, dirigido por el doctor Llopis hasta su fallecimiento en 1972, se crean el Laboratorio de Biopolímeros (doctor Eduardo Cadenas) y la sección de Coloides (doctor Albert), mientras que en el departamento de Radioisótopos se encuadran la sección de Radiobiología (doctora Domínguez Astudillo) y el Laboratorio de Radioprotección (doctoras Consuelo López Zumel y María Victoria Álvarez) en el que se trabaja, a nivel molecular y celular, sobre la acción de compuestos que modifican la reparación del DNA irradiado. La reestructuración es seguida de una época de cambios importantes y surgen nuevas líneas y laboratorios relacionados con la Biología en distintos departamentos. En el de Estructura Molecular y Espectroscopía se comienzan los primeros estudios sobre compuestos de interés biológico mediante espectroscopía infrarroja (doctor José Herranz) y RMN (doctor Manuel Rico) y se crea el Laboratorio de Biología Molecular (1968) para trabajar en ácidos nucleicos y sus derivados (doctor Ernesto Gallego); el doctor Antonio Ballesteros, formado con Christian Anfisen en Bethesda, empieza a trabajar en biocatálisis (1969); el doctor José Luis Laynez inicia la línea de calorimetría biológica en el departamento de Termoquímica tras su estancia en la Universidad de Lund (1971); el doctor José González la de proteínas de membranas (1974) en la sección de Química-Física de Interfases y Coloides a su vuelta del laboratorio de Denis Chapman (Inglaterra); y, finalmente, el doctor Alberto Ulises Acuña la de fotofísica en el departamento de Cinetoquímica (1976).

La década de los setenta estuvo marcada también por la posibilidad de adquirir grandes equipos (centrífugas analíticas y preparativas, microcalorímetros,

refractómetros, fluorímetro con resolución temporal, etc.) y contratar personal a través de las financiaciones procedentes de diversos organismos de carácter nacional. A ellas se sumaría el programa de Cooperación Científica Hispano-Norteamericana Fronteras de la Ciencia, en el que participaron el departamento de Química-Física de Interfases y Coloides y, posteriormente, la unidad estructural de Química Física de Macromoléculas Biológicas.



Instrumental del departamento de Química Física de Macromoléculas Biológicas (Izquierda) células calorimétricas. (Derecha) célula de microelectroforesis (IQFR)

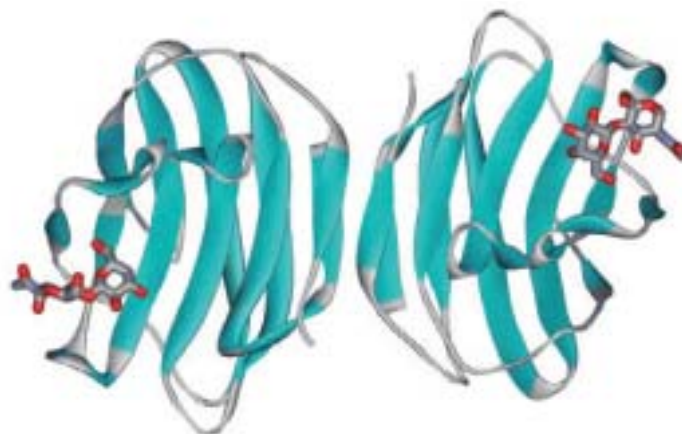
Tras una nueva reestructuración promovida por el CSIC en todos sus centros, se fusionan en 1979 los grupos de las secciones de Química-Física de Interfases y Química-Física de Coloides con los laboratorios de Microcalorimetría Biológica (primero de España en esta especialidad) y de Fotofísica. Esta iniciativa englobó en un sólo departamento la casi totalidad de la investigación realizada en el ámbito de la química-física biológica dentro del Instituto Rocasolano, tras el traslado, por petición propia, del departamento de Estructura Molecular y Espectroscopia al Instituto de Estructura de la Materia en esa misma fecha.

Durante los primeros años se continúa trabajando en fibrinógeno y el problema de la coagulación sanguínea (doctores Albert y Teresa Díaz García-Mauriño), la regulación alostérica de proteínas (doctor Laynez) y la bioconversión de energía radiante en energía electroquímica en el sistema de la bacteriorodopsina (doctores González, Usobiaga, Sáiz y Acuña). Estas líneas rápidamente se diversifican o evolucionan para dar lugar a otras nuevas (termodinámica de proteínas; reconocimiento de carbohidratos por lectinas; glicoproteínas de membrana plaquetaria implicadas en coagulación y hemostasis). Además, se crea el Laboratorio de Fluorescencia, centrado tanto en el análisis de los propios sistemas biológicos como en la síntesis y caracterización de sondas utilizables en estudios de proteínas en disolución o en membranas. De esta época pueden destacarse, entre otras, las contribuciones realizadas a la caracterización de la unión de agentes antimetabólicos a tubulina; los estudios sobre la acidez y basicidad de compuestos modelos de interés biológico o la fotofísica del núcleo indólico; y la caracterización de integrinas implicadas en la formación del receptor de fibrinógeno en membrana plaquetaria.

Tras la separación de los grupos de los doctores Acuña y González en 1989 para formar el departamento de Biofísica y la incorporación de nuevos doctores (Margarita Menéndez, Juan José Calvete, María Gasset y Dolores Solís) al finalizar su formación postdoctoral en el extranjero, la actividad del departamento se ha ido conformando alrededor de tres grandes líneas de investigación: glicobiología estructural, estructura y termodinámica de proteínas: reconocimiento molecular, y bioconformática de proteínas.

Glicobiología estructural

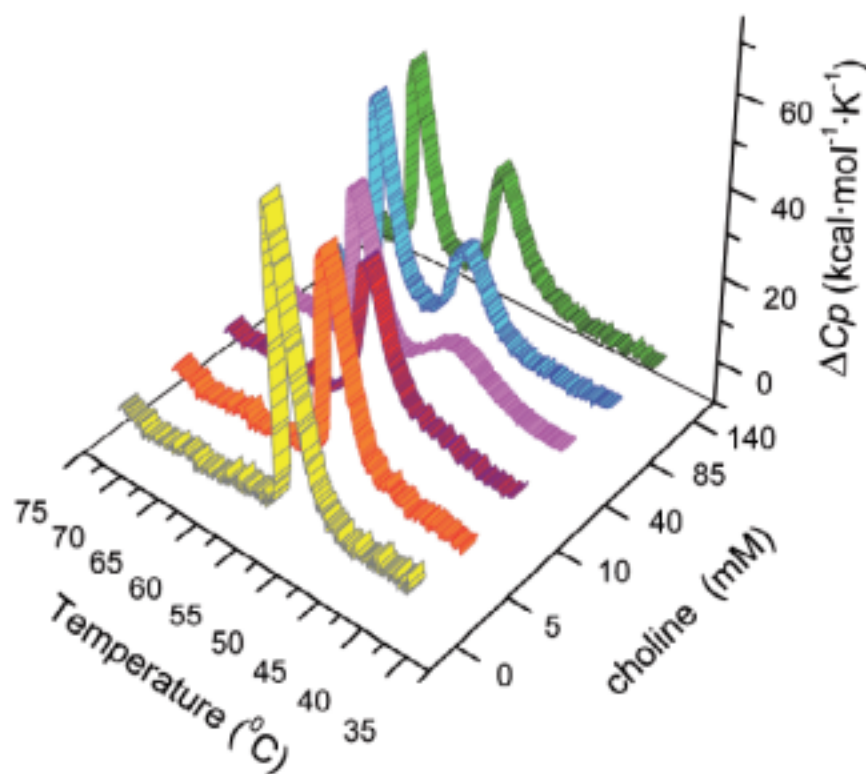
La utilización, a comienzo de los años ochenta, de la unión selectiva de lectinas a las cadenas de carbohidrato del fibrinógeno para investigar la influencia de los ácidos siálicos de la molécula sobre los procesos de coagulación y fibrinólisis, supuso el inicio de una nueva línea de investigación bajo la dirección de la doctora Díaz García-Mauriño: la glicobiología estructural. La utilidad de las propias lectinas para la detección, purificación y caracterización estructural de glicoproteínas y otros glicoconjugados, unida a sus propiedades (especificidad de grupo sanguíneo, capacidad de estimular linfocitos mitogénicamente o de diferenciar células normales y cancerosas, etc.) hizo que dicha nueva línea se centrara rápidamente en la caracterización de esta clase de proteínas. Tras diversos trabajos con lectinas de origen vegetal, en 1991 se inició el estudio de lectinas animales de la mano de la doctora Solís. Desde entonces se han caracterizado distintas lectinas de interés biomédico contribuyendo al conocimiento de su organización estructural y su capacidad de decodificar la información biológica contenida en los carbohidratos y al desarrollo de nuevas estrategias terapéuticas basadas en la utilización de este glicocódigo. En la actualidad, el trabajo está centrado en las galectinas, una familia de lectinas relacionadas con numerosos procesos de reconocimiento y adhesión intercelular, desde la embriogénesis hasta la metástasis de células tumorales, y en especial en las galectinas humanas, dada la diversidad e importancia biomédica de estas lectinas.



Estructura de la galectina-1 humana unida a lactosa (IQFR)

Estructura y termodinámica de proteínas: reconocimiento molecular

Una de las líneas de investigación del departamento mantenidas a lo largo del tiempo ha sido la elucidación de los mecanismos moleculares responsables de la estabilidad y función de los sistemas biológicos y, en particular, de las proteínas. El estudio de los parámetros estructurales y energéticos que determinan la estabilidad de una proteína o de un complejo puede facilitar una optimización del sistema y es, además, la base del diseño racional de fármacos. La utilización de técnicas calorimétricas en estos estudios es uno de los rasgos distintivos del departamento, habiendo contribuido notablemente a la difusión de las mismas entre la comunidad científica española. La interacción de anestésicos con la Ca^{2+} - Mg^{2+} ATPasa del retículo sarcoplásmico, el mecanismo de internalización de la citotoxina α -sarcina, el reconocimiento molecular de la pared bacteriana por antibióticos, las interacciones carbohidrato/proteína o el autoensamblaje de poros de membrana son algunos de los procesos estudiados durante los últimos años.



Visualización del reconocimiento de ligandos por enzimas líticas de neumococo mediante calorimetría diferencial (Varea et al., 2004: 43.697-43.707)

En estos momentos nuestro interés se centra en dos sistemas con implicaciones biomédicas importantes: las galectinas, anteriormente citadas, y la familia de las enzimas líticas de *Streptococcus pneumonia* (neumococo) y sus bacte-

riófagos. El trabajo realizado en este tema ha contribuido a la comprensión de la relación entre estructura y función en un conjunto de proteínas que, además de jugar un papel relevante en la fisiología y patogenicidad de neumococo (uno de los principales patógenos humanos), son dianas potenciales para el desarrollo de nuevos antibióticos y constituyen un sistema modelo para estudiar uno de los mecanismos de anclaje de proteínas de superficie a la envuelta celular de neumococo.

Bioconformática de proteínas

Un reto más dentro de la interdisciplinariedad ha sido la incorporación de los avances paralelos en los campos de biología molecular y celular para el estudio de la multiplicidad covalente y conformacional de proteínas en sistemas biológicos complejos como los celulares. En particular, esta línea, desarrollada por la doctora Gasset, se centra en la deconstrucción molecular de la proteína celular del prión, una familia proteica clave en las enfermedades conocidas como encefalopatías espongiformes transmisibles.

En otro orden de cosas, es necesario destacar el esfuerzo realizado a lo largo de los años en la creación y mantenimiento de un laboratorio singular como el de Calorimetría Biológica (y en su día el de Espectroscopía de Fluorescencia), equipado a nivel de los mejores en su especialidad y que sirve como centro de referencia y formación para otros grupos de investigación, y en la implantación de técnicas biofísicas para la caracterización de macromoléculas y ensamblajes macromoleculares, como la ya mencionada ultracentrifugación analítica, la espectropolarimetría y, recientemente, la dispersión de luz láser de ángulo múltiple (MALLS). Ello ha permitido desarrollar una investigación multidisciplinar en el marco de una intensa colaboración a nivel nacional e internacional, especialmente fortalecida durante los últimos años.

Desde su creación en 1979, la actividad del departamento de Química-Física de Macromoléculas Biológicas ha dado lugar a 313 publicaciones en revistas internacionales del Science Citation Index (SCI), trece trabajos y monografías

(Izquierda) instrumental del Laboratorio de Calorimetría Biológica del Instituto de Química Física del CSIC. De izquierda a derecha y de arriba a bajo, multicalorímetro de valoración interna, ultracentrífuga, espectropolarímetro DC y multicalorímetro diferencial. (Derecha) balanza Langmuir (IQFR)



en revistas de carácter nacional, se han realizado 24 tesis doctorales y se han presentado 28 trabajos para la obtención del grado de licenciado o el diploma de estudios avanzados (DEA). Nada de esto hubiera sido posible sin el esfuerzo y la ilusión de todo el personal científico y técnico que a lo largo de estos años ha formado parte del departamento de Química-Física de Macromoléculas Biológicas y que es imposible citar con sus nombres y apellidos, uno por uno.



Dos estudios separados por dos décadas del departamento de Química Física de Macromoléculas Biológicas sobre la propiedades biológicas del bacteriofago $\Phi 29$ (1974) y el análisis termodinámico de la interacción de un antibiótico con péptidos de la pared celular (1990)

Fachada del edificio
Rockefeller (IQFR)



Estructura y dinámica molecular

Enrique Lomba
Instituto de Química-Física, CSIC

El departamento de Estructura y dinámica Molecular nace en 1993, tras la última reestructuración del Instituto de Química-Física Rocasolano (IQFR) e incorpora miembros de varias unidades estructurales extintas o reorganizadas, tales como las de Cinétoquímica y Radisótopos; Fotoquímica y Mecánica Estadística; Química Física de Macromoléculas Biológicas, y Termoquímica. Es por ello que el departamento conserva una gran heterogeneidad de líneas de trabajo, representativas no obstante de la investigación que se hace hoy en día en química física fundamental. Seguidamente se detalla la evolución histórica de todas y cada una de esas líneas en el edificio *Rockefeller*, con especial énfasis en los últimos veinticinco años.

Fotólisis cromatografía

La actividad investigadora de este grupo se ha enmarcado en tres grandes líneas: cromatografía de gases (GC), espectrometría de masas (MS) y cinética química

(CQ). J.A. García Domínguez se convirtió en el jefe de esta unidad tras la jubilación de M.J. Molera en 1986. En 1980 se reincorporó la doctora A. Couto hasta 1988. En 1981 J. M. Santiuste fue promovido a colaborador científico, y, desde 1985, se dedica exclusivamente a la cromatografía de gases. El doctor V. Menéndez González se integró al grupo de Cinetoquímica este mismo año. Vinculado al grupo estuvo el doctor E. Pertierra Rimada, de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid, desde 1985 a 1990. La doctora R. Becerra después de una estancia de varios años en Reading (Reino Unido) se unió al grupo como colaboradora científica en 1988.

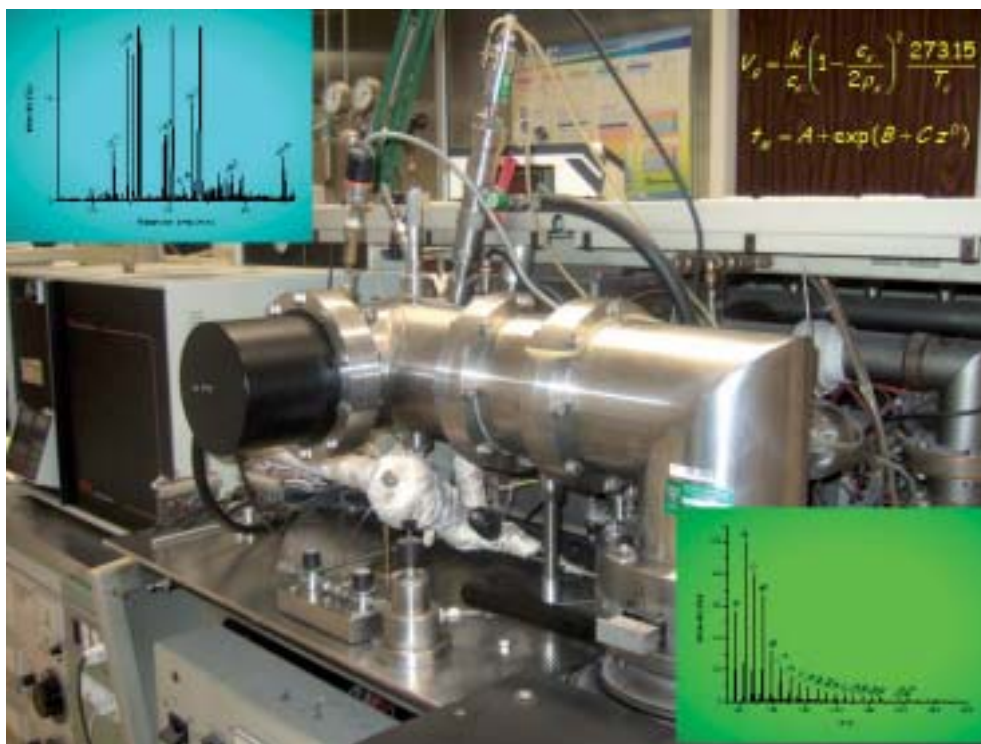
Durante este período, formaron parte del grupo, como personal en formación M.A. Pérez Alonso, M. B. de Iglesia Gaya, G. Torralba Fernández, E. López de Blas, J. López Sanz, M. Sánchez Martín, Q. Dai, R. Lebrón Aguilar, J. E. Quintanilla López, A. M. Tello Díaz-Maroto, J. M. Pérez Parajón, A.-Y. Khattabi, M. Hernández Campos, C. Modrego Aguilar, C. Rodríguez González y C. Martín Yebra, y como personal auxiliar P. J. Navarrete, E. Fernández Sánchez, A. Fernández Torres y A. de Diago. Además, realizaron estancias breves en el grupo la doctora A. Salvador Moya de la Universidad de Castilla-La Mancha en Ciudad Real (1989-1990), el profesor A. Voelkel de Polonia (1992), el doctor F. R. González de Argentina (2000-2002), A. Liu de China (2000-2001), y la doctora M. L. Sanz Murias del Instituto de Química Orgánica del CSIC (2006).

Aunque inicialmente el grupo estaba dentro de la unidad de Cinetoquímica y Radisótopos, en 1993 pasó a formar parte del departamento de Estructura y Dinámica Molecular, al que continúa ligado en la actualidad.

Cromatografía de gases (CG)

Las contribuciones en esta área están relacionadas con la implantación del uso de columnas capilares (fabricadas en nuestros laboratorios) en estudios de cromatografía de gases inversa (ICG), lo cual supuso el desarrollo de una nueva ecuación para el cálculo del volumen de retención específico (V_g), parámetro básico en estos estudios, y la síntesis de nuevos polímeros de tipo siloxano como fases estacionarias para CG. En el cálculo de V_g interviene el tiempo básico (t_M), cuya estimación preocupó a García Domínguez desde los años setenta, en los que desarrolló un primer modelo lineal. Ya a finales de los noventa, con las mayores facilidades de cálculo y una más amplia visión del problema, desarrolló un modelo no lineal, que es actualmente el recomendado por la International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) y con el que también se obtienen índices de retención (IR) diez veces más exactos.

Otros aspectos teórico-prácticos de la GC fueron tratados por Santiuste, sólo y en colaboración desde 1995 con el grupo magiar Research Group for the Study of Retention Index System de Budapest, cuya cabeza es J. M. Takács. Destacan como temas: IR en temperaturas isoterma y programada, estudio de coeficientes de actividad por GC, cálculo de magnitudes termodinámicas por GC, coeficientes de Kováts, coeficientes de estructura molecular de Takács, aplicación de códigos estructurales para cálculo de datos de retención y de QSSR en



Espectrómetro de masas y expresiones matemáticas para la estimación de V_g y t_M (IQFR)

metil y clorobenzenos, predicción de IR, aplicación del modelo de solvatación al estudio de las interacciones soluto-fase estacionaria, uso de componentes principales, y otros.

Spectrometría de masas (MS)

Paralelamente a los estudios cromatográficos, en el grupo del doctor García Domínguez se había mostrado siempre un gran interés en el análisis estructural e identificación de sustancias por MS. Esta técnica se venía aplicando desde los años setenta al análisis de los productos gaseosos obtenidos tanto en las reacciones de combustión como en los procesos fotoquímicos que se estudiaban en el grupo. No obstante, debe mencionarse en este punto que la visión altruista, multidisciplinar y colaboradora que el doctor García Domínguez tuvo siempre de la ciencia, hizo que el espectrómetro de masas del laboratorio (único en el entorno) fuese empleado con frecuencia para ayudar a otros muchos investigadores, tanto del IQFR como de otros centros del CSIC.

Estos trabajos identificativos se vieron ampliados con el inicio de una tesis doctoral sobre la aplicación de la MS a la cuantificación directa de sustancias, sin separación cromatográfica previa y aplicando procedimientos matemáticos de regresión multivariante. De esta forma el grupo adquirió una experiencia en este campo que, unida a la existencia de instrumentación adecuada, de personal altamente especializado, y a las buenas relaciones existentes con la empresa de

instrumentación científica Fisons Instruments (actual Thermo Fisher Scientific), sería la semilla de lo que más adelante llegaría a ser el servicio de Cromatografía y Espectrometría de Masas del IQFR. Fue precisamente a principio de la década del 2000, cuando sobre estos cimientos, y gracias a una oportuna inyección de fondos públicos y al impulso dado por el doctor García Domínguez fue posible adquirir un equipo LC-MS y otro MALDI-TOF, así como establecer un convenio de colaboración con la empresa Thermo Fisher Scientific para la creación de un laboratorio mixto para la difusión de la MS y el desarrollo de metodologías analíticas en este campo. Gracias al convenio se incorporaron al laboratorio, además de los instrumentos mencionados, otros dos nuevos equipos GC-MS, así como personal cualificado aportado por la empresa.

Cinetoquímica (CQ)

Durante los años ochenta continúan los proyectos de oxidación térmica de compuestos orgánicos oxigenados con el fin de establecer los mecanismos de reacción, para lo cual son fundamentales las técnicas de GC y MS.

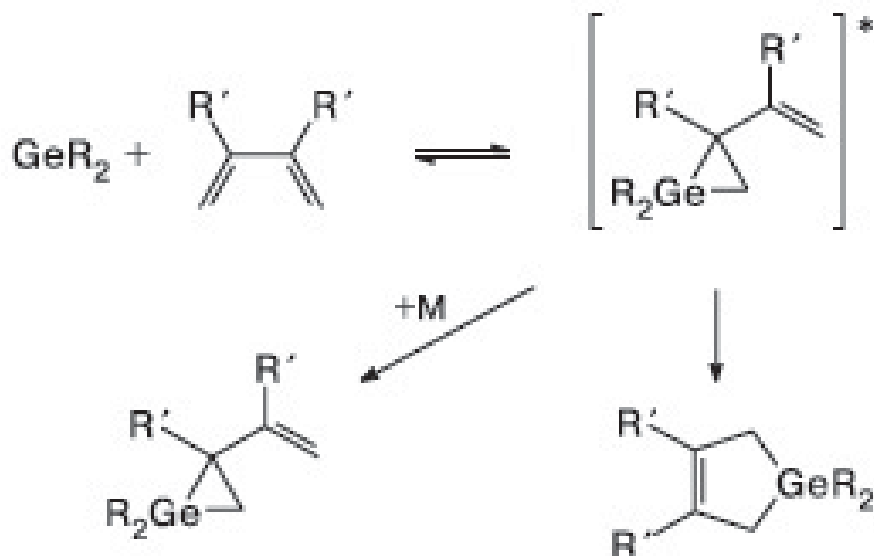
A finales de esta década los estudios cinéticos se centran en compuestos de Si, Ge y más recientemente de Sn. Las reacciones son iniciadas fotolíticamente, se miden las velocidades absolutas de reacción de las especies intermedias generadas durante la fotólisis de un compuesto químico adecuado (precursor), estas especies responde a la formula XR_2 (siendo X= Si, Ge, Sn) y son conocidas como carbenos pesados, juegan un papel muy importante en los procesos de CVD (*chemical vapor deposition*). En aquellos casos en los que no se disponía de un compuesto químico adecuado para la generación de los intermedios XR_2 , estos fueron sintetizados en colaboración con el Instituto Zelinsky de Química Orgánica de Moscú (Rusia), con la Universidad de Washington (Saint Louis, Estados Unidos) o con la Universidad McMaster de Hamilton (Canadá). Se determinan los mecanismos de reacción haciendo uso de GC/MS. Los puntos claves de estos estudios cinéticos son:

- Detección por vez primera en fase gaseosa de especies intermedias como $MeSiH$ ($Me = CH_3$), GeH_2 , $GeMe_2$, $SnMe_2$, $ClSiH$.
- Primeras medidas cinéticas en fase gaseosa con dichas especies.
- Exploración cinética de forma sistemática para las especies SiH_2 y GeH_2 .
- Establecimiento de los mecanismos de reacción.

Las medidas experimentales se combinan con cálculos teóricos:

- *Ab initio* para poder establecer las superficies de energía potencial de las reacciones estudiadas.
- RRKM de las energías de las especies intermedias de reacción dando idea de la estabilidad de las mismas.

Alguno de estos estudios cinéticos se llevó a cabo en colaboración con la Dow Corning Corporation (Midland, Estados Unidos), estando especialmente interesados en la reactividad del SiH_2 con compuestos oxigenados (búsqueda de nuevas vías de producción de silanonas, monómero de las siliconas).



Mecanismo de reacción de GeH_2 y GeMe_2 en fase de gas del estudio cinético y teórico de la fase de gas de reacciones de *germylenes* y *dimethylstannylene*, en que participa el doctor Becerra del Instituto de Química Física del CSIC (Boganov *et al.*, 2005: 477-505)

Mecánica estadística y teoría de la materia condensada

Los orígenes de esta línea de investigación en el IQFR se remontan a principios de la década de los cincuenta. En 1952, el instituto se estructura en dos departamentos: Electroquímica y Química Física Aplicada, y Química Física Pura. Este último, bajo la dirección del profesor O. Foz Gazulla constaba de nueve secciones, una de las cuales, Termodinámica Química era dirigida por el profesor A. Pérez Masiá. Los trabajos de investigación de esta sección se centraban básicamente en el estudio de las propiedades de gases reales, termodinámica de disoluciones y temas relacionados. Esta orientación fundamentalmente experimental se complementaba con estudios teóricos de índole mecano-estadística. Así, tras la reestructuración de 1968, el nuevo departamento de Termodinámica Química cuenta con una sección de Termodinámica Estadística, de la que es responsable el profesor M. Díaz Peña, antiguo doctorando de Pérez Masiá. Díaz Peña crea el Laboratorio de Termodinámica de Mezclas y Estado Líquido en la Facultad de Química de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), y permanece vinculado al IQFR como investigador científico (además de catedrático de Química Física de la UCM) hasta 1967. Entre los años 1962-1965 dirige la tesis doctoral del doctor M. Lombardero Díaz, quien desde 1967 y hasta 1998 es el investigador del IQFR y bajo cuya responsabilidad se desarrollan las investigaciones teóricas en fluidos, por aquel entonces centradas en la teoría de celdas. El doctor Lombardero pronto abandona este tipo de tratamientos incorporando las aproximaciones basadas en funciones de distribución, que han demostrado ser una de las más potentes herramientas para el estudio de sistemas con desorden estructural (fluidos, vidrios). Uno de sus mayores logros fue la extensión de la teoría termodinámica de perturbaciones a fluidos moleculares —en colaboración con varios de sus doctorandos (S. Lago, E. Enciso, J. L. F. Abascal, C. Martín)—.



Requenenses de pro

El doctor
PEREZ MASIA
MAESTRO DE
INVESTIGADORES

Pérez Masía (encabezamiento del artículo «El doctor Pérez Masía» (1974), publicado en *El Trullo*)

Tras la incorporación de los doctores Enciso, Abascal y Lago a la UCM en 1982, el doctor Lombardero queda como único investigador de plantilla dedicado al estudio mecano-estadístico de sistemas condensados, en lo que desde 1979 es la unidad estructural de Fotoquímica y Mecánica Estadística. Durante la década de los ochenta, en colaboración con el profesor F Lado (University of North Carolina, UNC, Raleigh, Estados Unidos), Lombardero profundiza en el estudio de la estructura y termodinámica de fluidos moleculares mediante ecuaciones integrales. Parte de ese trabajo se refleja en la tesis del doctor E. Lomba (1985-1988). En 1990 se incorpora este último como investigador de plantilla al IQFR. El grupo de investigación produce importantes aportaciones a la teoría del estado líquido, desarrollando nuevas aproximaciones para fluidos compuestos por moléculas lineales y no lineales, explorando transiciones de fase en mezclas y sistemas simples y aplicando las técnicas de ecuaciones integrales a problemas de índole variada, tales como la estructura electrónica de líquidos. En 1993, tras una nueva reestructuración, el grupo de investigación se integra en el departamento de Estructura y Dinámica Molecular.

En 1995 se incorpora la doctora M. Álvarez como investigadora contratada y en 1999 como investigadora de plantilla. Su trabajo, centrado en el estudio experimental de estructura y dinámica microscópica de líquidos mediante técnicas de difracción y dispersión, introduce un nuevo matiz experimental en la línea de investigación que, desafortunadamente, se trunca con su desaparición en un trágico accidente en el año 2000. Una de sus contribuciones más notables fue la elucidación de las excitaciones colectivas que dan lugar a lo que supuestamente se había identificado a mediados de los años noventa como sonido rápido en el agua líquida.

Entre tanto, bajo la dirección del doctor Lomba, nuevas temáticas se van incorporando al bagaje del grupo de investigación (estructura electrónica de

medios desordenados, métodos de simulación *ab initio*, transiciones de fase orden-desorden), algunas en colaboración estrecha con grupos experimentales (modelado de materiales de carbono amorfo nanoestructurado, transición semiconductor/metal en sistemas covalentes). Tras la jubilación del doctor Lombardero en 2001, se incorpora en el año 2002, el doctor N. García Almarza, procedente de la UCM. Dado el peso que las técnicas de simulación han ido ganando en prácticamente todos los campos de las ciencias físico-químicas, el desarrollo de nuevos algoritmos de simulación multifuncionales se torna en uno de los objetivos centrales del grupo de investigación, responsabilidad del doctor García Almarza. En 2002 es promovido a investigador titular el doctor C. Martín Álvarez, quien tras años de colaboración en tareas de investigación (se incorporó al IQFR en 1964) y habiendo defendido su tesis doctoral (dirigida por Lombardero) en 1988, es el veterano del grupo. En el período 1982-2007 se han formado en el grupo, los doctores Martín y Lomba, ya mencionados, F. Bresme, J. A. Anta, J. L. López Martín, S. Jorge, M. J. Feraud, D. Molina y G. Ruiz. Asimismo, desarrollaron su labor como investigadores sabáticos, los profesores Lado (UNC, 1997-1998) y L. L. Lee (University of Oklahoma, Norman, Estados Unidos 1998) y en la actualidad el doctor P. O. Zetterström (Uppsala Universitet, Suecia, 2006-2007). En 2005 se incorporó como investigador postdoctoral I3P el doctor C. McBride, procedente de la UCM.

A lo largo de los últimos veinticinco años, y en paralelo con el auge exponencial de los medios de cálculo disponibles, las líneas de trabajo se han diversifica-



Estación de adquisición y procesamiento de datos del grupo de Resonancia Ciclotrónica de Iones del Instituto de Química Física del CSIC (IQFR)

do (fluidos simples, moleculares, sistemas de covalentes desordenados, sistemas no homogéneos, transiciones de fase), la complejidad de los métodos teóricos ha aumentado sustancialmente (desde las simples teorías de perturbaciones hasta los métodos de simulación *ab initio*) y la interrelación con grupos experimentales se ha incrementado (modelado de sistemas nanoestructurados y de procesos de adsorción). Dado el papel cada vez más relevante de la teoría y de los métodos de modelado y simulación en las ciencias experimentales, el futuro de esta línea de investigación en el IQFR es sin duda prometedor.

Química cuántica y química computacional

La química cuántica tiene una larga tradición en el edificio *Rockefeller*. En 1964 se unió al IQFR el doctor Y. Smeyers, creador del método HPHF (Half Projector Hartree Fock) para incorporar efectos de correlación electrónica y en muchos aspectos padre de la química teórica española. El doctor Smeyers, tras la reestructuración del IQFR en 1968, se hizo cargo del Laboratorio de Química Cuántica dentro del departamento de Termodinámica Química dirigido por el doctor Perez Masiá. Con la creación del Instituto de Estructura de la Materia en 1975, y la adscripción de Smeyers a este último, los trabajos en química cuántica y computacional pierden relevancia en la investigación desarrollada en el IQFR hasta la incorporación del doctor R. Notario en 1988 al Laboratorio de FT-



Espectrómetro FT-ICR (IQFR)

ICR (Fourier Transform Ion Cyclotron Resonance Spectrometry), primero como doctor vinculado y después como científico titular. A finales de 1999, Notario abandona el mencionado laboratorio y pasa a dedicarse íntegramente a la química computacional.

La investigación desarrollada desde entonces por el doctor Notario, en esta área se puede englobar en tres apartados, siempre con una gran sinergia entre teoría y experimento:

1) Termoquímica computacional, en estrecha colaboración con la doctora M. V. Roux, del grupo de Termoquímica Experimental del IQMR, y con investigadores extranjeros como los profesores J. F. Liebman y J. S. Chickos (Estados Unidos), E. Juaristi (México) y S. P. Verevkin (Alemania).

2) Estudio de mecanismos de reacción, principalmente reacciones de termólisis en fase gaseosa, en colaboración con el profesor J. Quijano (Colombia).

3) Y, más recientemente, aplicación del análisis topológico de la función de localización electrónica (ELF) al estudio de la naturaleza del enlace en estados de transición de reacciones pericíclicas y pseudopericíclicas, en colaboración con el profesor E. Chamorro (Chile).

Finalmente, el Dr. J. M. Oliva se incorpora como científico titular al IQFR en 2004. A partir de ese momento su labor se encauza en las siguientes líneas:

1) Estructura electrónica y estudio de propiedades (carga, spin, densidad electrónica, densidad de spin) de agregados tipo carborano: (poli)radicales, sistemas endoédricos tipo M@agregado, donde M es un átomo, y sistemas poliméricos. El objetivo fundamental es el estudio de arquitecturas moleculares en varias dimensiones basadas en estos agregados.

2) Interacción de la luz con nanopartículas. Esta reciente línea de investigación implica la resolución de las ecuaciones de Maxwell en presencia de materia, ya sea con propiedades dieléctricas, metálicas o ambas. Para la resolución de estas ecuaciones se utilizan: (1) el método de diferencias finitas en el dominio del tiempo, y (2) el método del elemento frontera. El objetivo de dicha línea es el estudio de la amplitud de los campos cercanos creados por plasmones cerca de las superficies de las nanopartículas y su potencial aplicación en amplitud de señales en microscopías y en la interacción de moléculas con campos altos.

Resonancia ciclotrónica de iones (FT-ICR)

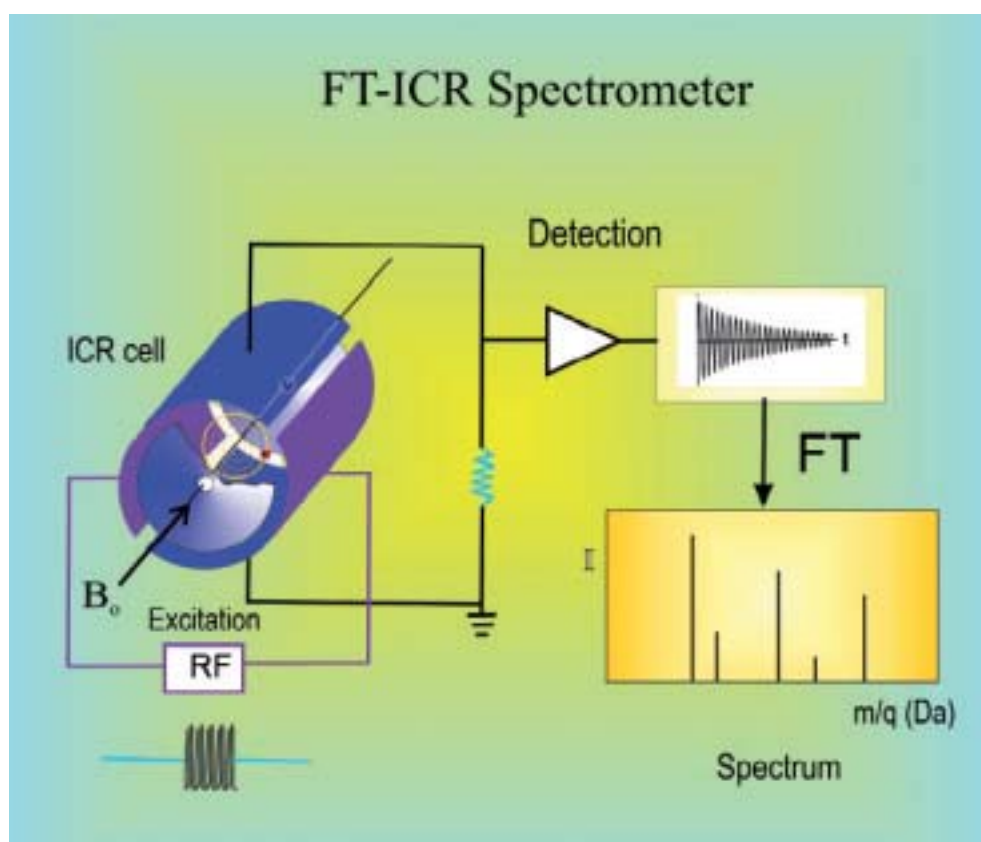
El Laboratorio de FT-ICR comenzó sus actividades científicas en 1988 con la adquisición del espectrómetro FT-ICR de $B_0 = 4.7$ T a la compañía Bruker, mediante una acción conjunta del entonces Ministerio de Ciencia y Cultura y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas y la incorporación del doctor J. L. Abbud Mas como investigador científico al IQFR en 1986. En el curso de estos dieciocho años se ha aplicado la técnica FT-ICR conjuntamente con otras técnicas experimentales y teóricas (cálculos mecano-cuánticos) al estudio cuantitativo de la reactividad química, estructura y energética de una gran variedad

de especies iónicas y neutras en fase gaseosa; así como también al estudio de una serie de reacciones ión-molécula (clásicas y novedosas).

Es importante mencionar que en el año 2001 se renovó completamente la estación de detección, adquisición y tratamiento de datos del espectrómetro FT-ICR. Esta estación fue comprada a la IonSpec Corporation (Irvine, California, Estados Unidos) por un total aproximado de 84.000 euros y una vez adaptada y compatibilizada la instrumentación electrónica y asimismo optimizado todo el sistema de alto vacío, se ha logrado ponerlo a punto, de tal manera que en la actualidad se dispone de un espectrómetro FT-ICR mucho más versátil, sensible y eficaz que el anterior, constituyendo así uno de los mejores espectrómetros de ICR europeos funcionando en la actualidad.

Espectrómetro FT-ICR (Fourier Transform Ion Cyclotron Resonance Spectrometry)

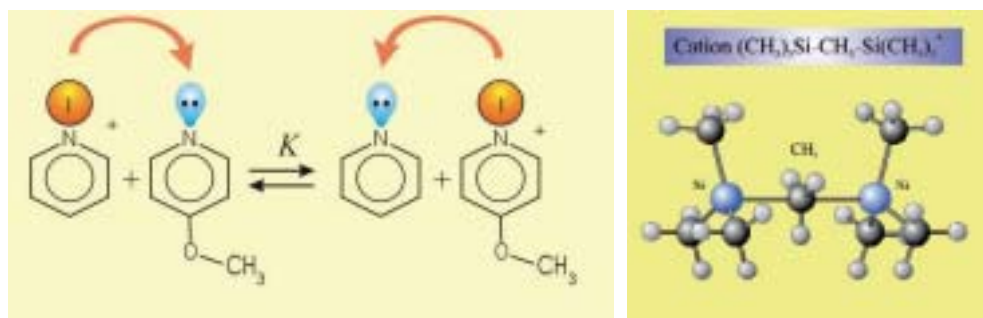
FT-ICR es una técnica de espectroscopía de masas que permite confinar iones en fase gaseosa durante tiempos variables (entre milisegundos y decenas de minutos). El confinamiento se produce por combinación de un campo eléctrico débil y un campo magnético intenso (4.7 T en nuestro caso).



Esquema de espectrometría FT-ICR (IQFR)

Como técnica espectroscópica, cabe señalar que es la que tiene mayor resolución. A $m/z = 19$ (ión hidronio), alcanza valores superiores a 2×10^6 . Goza también de una sensibilidad enorme. Piénsese que se obtienen espectros excelentes con unos pocos millares de iones. LA FT-ICR se revela como un instrumento extraordinario en el estudio cuantitativo de reacciones químicas en fase gaseosa. Durante el tiempo de confinamiento, se puede estudiar la cinética de las reacciones entre iones y moléculas neutras, determinar la estabilidad termodinámica de ciertos iones, establecer mecanismos de reacción, descubrir nuevos tipos de enlaces químicos, etc. Permite además llevar a cabo experimentos que son impensables en fase condensada, por ejemplo, aislar un ión y seguir sus reacciones tras eliminar iones competidores. Es interesante que las bajísimas presiones que pueden utilizarse permiten simular las condiciones del espacio exterior. A presiones algo más altas, instrumentos como el nuestro han servido a la NASA para modelizar la atmósfera de Titan.

Desde su fundación este laboratorio no ha contado, en general, con más de tres miembros —en la actualidad los doctores Abbud y J. Z. Dávalos en plantilla—. Con todo, empezó su andadura con el descubrimiento de una reacción de intercambio catiónico (figura 1) y el último hallazgo significativo, un compuesto de carbono penta-coordinado (figura 2), se dio a conocer recientemente.



Figuras 1 y 2.
Intercambio de catión I, y
Catión (CH₃)₃Si-CH₂-Si(CH₃)₃⁺

Termoquímica

El departamento de Termoquímica fue creado en 1951 y dirigido durante más de cuarenta años por el doctor M. Colomina, a su regreso de una estancia de un año en la sección de Termoquímica del National Bureau of Standard de Washington D. C., liderada por el profesor Rossini. La reestructuración del INQFR en 1993, supuso la creación del departamento de Estructura y Dinámica Molecular (EDM), al que se incorpora el de Termoquímica.

La determinación experimental de datos termoquímicos ha sido básica en el desarrollo de la investigación que se ha llevado a cabo en este departamento a lo largo de casi sesenta años de existencia. La combinación de técnicas de calorimetría de combustión, sublimación, vaporización, y calorimetría diferencial de barrido ha permitido caracterizar cada uno de los compuestos estudiados, y

determinar su entalpía de formación en estado gaseoso, dato esencial para todos los estudios realizados. Desde 1951 hasta el año de su jubilación en 1983, fue el doctor Colomina el director e impulsor del departamento. Las doctoras M. L. Boned y C. Turrión, P. Jiménez y M. V. Roux, y los doctores J. Laynez y J. Dávalos, todos ellos personal de plantilla del instituto, han sido responsables de la calidad de los datos publicados. Boned, permaneció en el departamento desde 1957 hasta 1963, año que abandonó su carrera investigadora. Turrión se incorporó en 1958, jubilándose en 1994. Laynez estuvo de 1963 a 1979, año en que se incorporó al departamento de MABIO del instituto. Jiménez y Roux, personal investigador desde 1973, junto con Dávalos que lo es desde 2000, son actualmente los investigadores de plantilla del grupo de Termoquímica. En 1996 se incorpora al laboratorio la doctora M.A. Martín Luengo, donde permanece hasta 1998, para pasar entonces al Instituto de Catálisis y Petroleoquímica Ese mismo año se incorpora al laboratorio la doctora A. Vacas, colaboradora I+D+I. En 2001 M. Temprado, estudiante de postgrado I3P y posteriormente becario de FPU, realizando su tesis doctoral dirigida por Roux y Notario. Después de veintitrés años de trabajo en este laboratorio la doctora I. Cabo, ayudante diplomada de investigación, pasa a ser gerente del instituto en el año 1995. Asimismo, desarrollaron su labor como investigadores sabáticos, el profesor H. Flores (Universidad de Puebla, México, 1997-1998) y el doctor L.A. Torres (CINVESTAV, México, 2000).

La continuidad ininterrumpida, desde su creación, de este grupo de trabajo de Termoquímica y su labor investigadora de calidad, unida a las innovaciones introducidas, ha hecho que sea considerado un centro de referencia mundial —la Escuela de Madrid, según el profesor McGlashan (Reino Unido)—, cuyos resultados figuran en libros y tablas internacionales sobre termoquímica de compuestos orgánicos puros. La labor investigadora, iniciada con el estudio termoquímico de cetonas aromáticas, en colaboración con el profesor Pérez-Ossorio, dio lugar a las tesis doctorales de M. Cambeiro y C. Latorre. En el período 1959-1962, con un contrato de United States Army se comenzó el estudio termoquímico de ácidos alquilbenzoicos. Se ha continuado esta importante línea de trabajo con el estudio termoquímico completo de más de cien compuestos orgánicos puros, derivados sencillos del benceno y naftaleno. Parte de esta importante línea de investigación se plasmó en la citad tesis doctoral de Cambeiro y en las de M. L. Boned, C. Turrión, J. A. Fernández, P. Jiménez, J. Laynez, M. V. Roux y C. Monzón, todas ellas dirigidas por el doctor Colomina. Con los resultados obtenidos se realizó una cuantificación rigurosa y puesta en evidencia de interacciones moleculares en el anillo bencénico y se evaluaron los efectos sustituyente y estérico. También con los resultados obtenidos por FT-ICR de acidez en fase gas para 20 compuestos metilsustituídos del ácido benzoico, en colaboración con los profesores Decouzon, Gal y María (Universidad de Niza, Francia) Exner y Kulhánek, (Academia de Ciencias de la República Checa) y Böhm, (Instituto de Química Física de Praga, República Checa) se demostró que el efecto estérico global de dos sustituyentes, es siempre mayor que la suma calculada a partir de los efectos en derivados monosustituídos, *butressing effect*.

En 1982 se adquiere un calorímetro diferencial de barrido Perkin Elmer DSC2, equipado con un sistema criogénico para evaluar la pureza de las mues-

tras estudiadas, sus capacidades caloríficas y estudio de polimorfismo. En 1997 se sustituye por uno nuevo Perkin Elmer Pyris 1, equipado con una unidad de refrigeración Intracooler II que permite realizar las medidas en el intervalo de temperaturas entre -20 y 700° C. En los casos en los que se observa transiciones de fase, se estudia la estructura supromolecular en función de la temperatura por RX, IR, y Raman, en colaboración con las doctoras Foces-Foces, del IQFR, y García y Redondo, de la UCM.



Laboratorio de Combustión
del IQFR (IQFR)

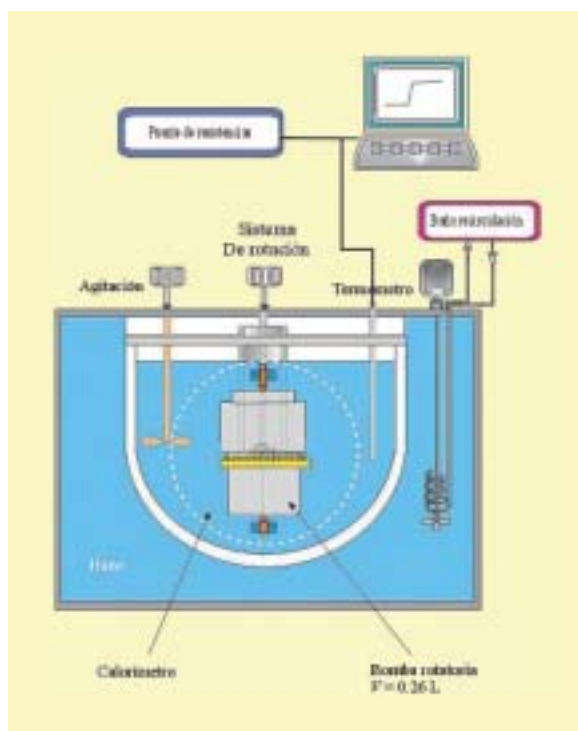
En 1985 se inicia la investigación termoquímica de heterociclos aromáticos, azoles, que exige implementar la metodología experimental para compuestos con nitrógeno. Dentro de esta línea de trabajo, en 1995 se inicia la colaboración con los profesores Elguero (Instituto de Química Médica del CSIC), Sánchez Migallón (UCM) Cabildo y Claramunt, (UNED) Ribeiro da Silva y Ribeiro da Silva (Universidade do Porto, Portugal), a la que se incorporan en 1999 los profesores Mó y Yañez (Universidad Autónoma de Madrid), con el objetivo de estudiar el efecto sustituyente en derivados de esta familia de compuestos y la posible transferibilidad del efecto sustituyente observado en derivados de benceno. Desde el año 1985 y hasta 1995 se realiza el estudio de las transiciones de fase de una serie de alcanosatos de plomo y de talio en colaboración con el profesor Rodríguez Cheda (UCM). En 1985, con los profesores Martín Patino y Saavedra, de los Centros de Edafología del CSIC en Madrid y Salamanca, respectivamente,

se llevó a cabo otro estudio sobre el contenido de gibbsita y halloisita en las arcillas y saprolitas graníticas de las provincias de Ávila y Salamanca.

En el año 1988 se inicia la colaboración con el doctor Abbud, de este departamento, con el objetivo de estudiar los efectos de tensión en carboxamidas, cetonas acíclicas y cíclicas. Hay que destacar la primera determinación experimental de la tensión en la 2-azetidinona neutra y protonada, combinando técnicas termoquímicas y FT-ICR. La 2-azetidinona es la unidad estructural mínima con actividad antibiótica en los antibióticos β -lactámicos. En el año 1993 se inicia la colaboración con el profesor Liebman, de Universidad de Maryland Baltimore County (Estados Unidos), para el estudio del carácter aromático, antiaromático y no aromático de compuestos orgánicos. Se ha continuado esta colaboración con el estudio de derivados del naftaleno y de los isómeros cubano (compuesto de alta simetría y gran energía de tensión con ocho carbonos terciarios todos ellos capaces de ser funcionalizados) y cuneano.

En 1994, dentro del proyecto Modernización del Laboratorio de Combustión, gestionado por el director del instituto A. U. Acuña, se automatizan las medidas de calores de combustión, sustituyendo el puente Mueller por otro de resistencia de la Automatic System Laboratories Ltd.

Con la implementación en 1996 de un calorímetro de combustión con bomba rotatoria comienza una nueva línea de investigación con compuestos orgánicos con azufre. Simultáneamente se pone en marcha un nuevo proyecto, que continúa vigente, en colaboración con el profesor Juarista, del Centro de Estudios Avanzados del IPN de México, para el estudio del efecto anomérico en tianos. En



Esquema del calorímetro de combustión con bomba rotatoria en escala macro (IQFR)

1999 se inician de forma sistemática, y en colaboración con el doctor Notario, estudios termoquímicos computacionales, que unidos a los resultados experimentales obtenidos por nosotros permiten evaluar los efectos estructurales y electrónicos presentes en las moléculas. En 2002 empieza el estudio de compuestos derivados del tiofeno, compuestos de gran importancia en Química y los representantes más sencillos de estructuras aromáticas estables con azufre.

Con el fin de determinar la entalpía de formación de los cationes 1- y 2-adamantilo en fase gas, en colaboración con el doctor Abbud, en 1998 se implementa la metodología experimental para la determinación de la energía de combustión de compuestos con cloro, lo que permite establecer la entalpía de formación de compuestos clorados neutros.

Entre los años 1999 y 2000 se diseña y construye un microcalorímetro de combustión que fue posteriormente patentado (número de publicación 2162766, 1 de abril de 2003) y se desarrolla la técnica de efusión de Knudsen con oscilador de cuarzo.

Dentro de proyecto de la Unión Europea, Optimal Management of Poultering and Rubbish Manures. Energy and Fertilizer Production, en el año 2000 se estudia y se optimiza el proceso de combustión de muestras de gallinazas lo que ha permitido diseñar una planta de incineración que obtiene energía eléctrica a partir de este residuo industrial.

En 2001 M.V.Roux se incorporó como miembro al Comité Técnico de Normalización 164 de AENOR, Biocombustibles Sólidos, participando en el proyecto de investigación Normalización del Poder Calorífico Superior e Inferior de los Biocombustibles Sólidos y Elaboración de Procedimiento para la Preparación y Determinación de Muestras Analíticas. El objetivo de este proyecto, de tres años de duración, era la creación de normativa UNE para la determinación del poder calorífico de biocombustibles sólidos de distinta naturaleza, considerándose especialmente los derivados de biomasa de abundancia real o potencial en España. Se ha establecido la metodología experimental para la determinación del poder calorífico de muestras de distintas características siendo nuestro laboratorio de combustión el de referencia entre los distintos laboratorios que participan en el proyecto. Como resultado se ha elaborado la norma UNE 164001 EX Biocombustibles Sólidos: Método para la determinación del poder calorífico.

Láser de colorantes con bombeo transversal (IQFR)



El departamento de Química Láser

Margarita Martín Muñoz
Instituto de Química-Física, CSIC

El departamento de Química Láser (DQL) tiene su origen en el grupo creado al final de los años sesenta por Juan Manuel de la Figuera (1940-2001) dentro del departamento de Radioquímica del Instituto de Química Física Rocasolano (IQFR) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). El grupo se constituyó como unidad estructural de Fotoquímica y Mecánica Estadística a principios de los ochenta y en 1993 pasó a denominarse Departamento de Química Láser.

Los trabajos dirigidos inicialmente al estudio experimental de la fotoquímica de reacciones orgánicas en fase gaseosa, utilizando técnicas de marcado con radiosótopos, se concentraron pronto en el estudio de reacciones unimoleculares, incorporándose técnicas de cromatografía de gases y metodologías de cálculo basadas en métodos estadísticos (teoría RRKM) y de la química computacional (semiempíricos-MINDO).

Una parte importante de estos estudios se centró en las reacciones unimoleculares de carbenos (que se postulaban como intermediarios en un importante

conjunto de reacciones de la química orgánica); se investigó la fotoquímica de distintos carbenos generados por fotólisis de destello de diazocompuestos y diazirinas. Los trabajos experimentales y cálculos sobre reacciones unimoleculares se seguirían desarrollando hasta mediados de los ochenta.

En 1974, se inicia la investigación sobre láseres químicos con el montaje de un láser de fotodisociación de yodo, bombeado por fotólisis de destello de yoduros de alquilo; el láser fue construido en su mayor parte en los talleres del IQFR. Los láseres de yodo (basados en la transición entre los dos estados electrónicos más bajos del átomo de yodo, correspondiente a emisión en el infrarrojo cercano) ofrecían grandes perspectivas como láseres de alta potencia.

El grupo de Fotoquímica del IQFR, fue pionero en el desarrollo de técnicas láser en España. En tres tesis doctorales realizadas entre 1974 y 1980 por José M. Pérez, Ángel Costela y Luiz Valle se presentaron los primeros montajes, estudios experimentales y cálculos sobre modelado cinético de diversos medios activos del láser de fotodisociación de yodo. El curso sobre «Introducción al Diseño y Montaje de Láseres» impartido por los miembros del grupo, formó parte de los cursos de doctorado del departamento de Química Física de la Universidad Complutense de Madrid desde 1985 hasta 1993.

A partir de 1982 en los talleres del IQFR se construyeron láseres de descarga longitudinal de CO₂, de descarga transversal de excímeros de ArF y de XeCl y en 1985 se completó el montaje de un láser de colorante bombeado por el excímero de XeCl. Los láseres de excímero con pulsos UV de pocos ns y energías de decenas de mJ y los láseres de colorante, permitieron implantar técnicas de disociación multifotónica, técnicas ópticas de bombeo y sonda y técnicas ópticas no lineales (generación de armónicos y conjugación de fase por mezcla degenerada de cuatro ondas). Se iniciaron nuevas líneas en fotoquímica inducida por láser, dirigidas a investigar los mecanismos de disociación mono y multifotónica de moléculas pequeñas (acetona, haluros de vinilo, cetena, silanos) y al estudio de la reactividad de radicales y moléculas en estados electrónicos excitados (C₂, CH, CD, CH₂, CD₂, SiH).

En esta etapa (1986) se iniciaron los estudios sobre nuevos medios activos para láseres de colorante en colaboración con el doctor Albero Ulises Acuña, del propio IQFR. Poco después, en colaboración con el Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP) del CSIC, se inició la línea de investigación sobre desarrollo de nuevos láseres de colorante de estado sólido que continúa en la actualidad. Estos trabajos han permitido el desarrollo de una nueva generación de láseres que utiliza las amplias posibilidades que ofrece la síntesis de polímeros para modificar las propiedades de los materiales de un modo controlado, e incorporar colorantes y otras moléculas a una matriz polimérica o de materiales híbridos orgánicos-inorgánicos. Se han desarrollado nuevos materiales con las propiedades adecuadas para emitir radiación láser eficiente y estable en la región visible del espectro electromagnético (desde el azul-verde hasta el rojo). Se investiga, asimismo, la posibilidad de obtener materiales con emisión láser simultánea a varias longitudes de onda. Se investigan láseres basados en nuevos materiales nanocomposites, microláseres incorporados a nanoestructuras (arcillas y zeolitas) y cristales fotónicos.



Láser de colorante de estado sólido en configuración de bombeo transversal (IQFR)

A partir de principio de los noventa los laboratorios del departamento de Química Láser han adquirido diversos equipos láser de excímero y más recientemente láseres de colorante y de Nd:YAG de distintos rangos de potencia. Se incorporaron técnicas de haces supersónicos y de espectroscopia de masas de tiempo de vuelo (construidas en gran parte en los talleres del IQFR).

Desde finales de los noventa se han abierto nuevas líneas que se dirigen a investigar aspectos fundamentales y a explorar aplicaciones de la ablación láser de materiales. Entre 1998 y 2000 investigadores del DQL participaron en el proyecto «Advanced Workstation for Controlled Laser Cleaning of Artworks» en el que centros de investigación y empresas de seis países europeos desarrollaron aplicaciones de la ablación láser a la limpieza y conservación del patrimonio artístico. Estudios de ablación para limpieza de superficies, procesado de materiales de distinta naturaleza química incluyendo materiales biocompatibles y más recientemente material biológico, forman parte de las objetivos actuales de investigación del DQL, junto con otros que investigan aspectos fundamentales de la interacción láser/sólido. La estructura y reactividad de clusters libres (agregados) formados en procesos de fotoablación y la síntesis de materiales nanoestructurados por PLD (*pulsed laser deposition*) son asimismo líneas de trabajo iniciadas recientemente.

Las colaboraciones que miembros del DQL han venido manteniendo con otros laboratorios del ámbito internacional permiten contribuciones en líneas de investigación emergentes como las relativas a los nuevos procesos implicados en la interacción de las moléculas y materiales con campos láser ultraintensos (pulsos láser de femtosegundos).



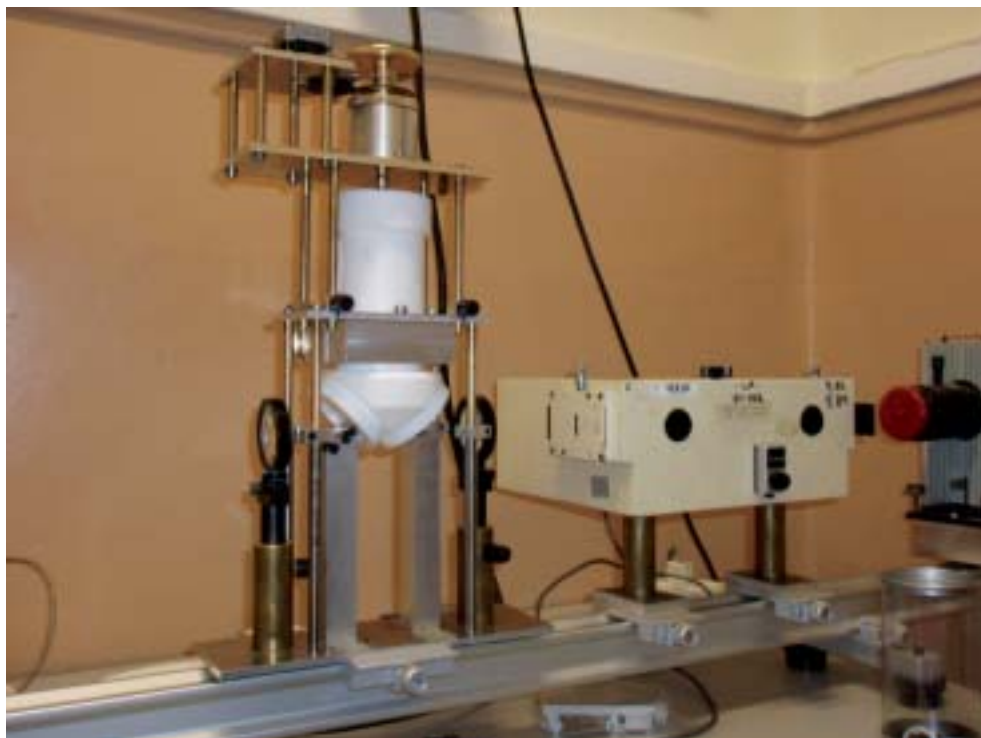
(Izquierda) Montaje experimental detectar fluorescencia de radicales y especies moleculares excitados eléctricamente. (Derecha) el doctor De la Figuera en su Laboratorio de Técnicas Láser (IQFR)

La formación de investigadores ha estado entre los objetivos destacados del DQL desde sus inicios. Los nombres de aquellos que realizaron su tesis doctoral en él y otros que han contribuido significativamente al trabajo del mismo aparecen en el cuadro 1.

Años sesenta	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-
J. M. Figuera	M ^a T. Serrano	M ^a T. Crespo	J. Ruiz	E. Rebollar
M. Casado	M ^a J. Ávila	M. Castillejo	H. Zeaiter	M. Carrascoso
J. Santos	J. M. Pérez	R. Becerra	M. Oujja	L. Campo
E. Fernández	M. Martín	P. Bartolomé	F. F. Florido	M. Alvarez
V. Menéndez	A. Costela	J. C. Rodríguez	R. de Nalda	M. Liras
	L. Valle	M ^a J. García	C. Cerezo	M. Jdraque
	A. Tobar	J. Luque	R. Torres	A. Monforte
		J. M. Muñoz	D. Silva	S. Gaspard
		I. García Moreno	J. Dabrio	M. Walczak
		J. Medina	C. Gómez	M. Pintado
			F. J. Barroso	J. Alvarez
				M. E. López
				M. Sanz

Cuadro 1. Investigadores vinculados con el trabajo del departamento de Química Láser del Instituto de Química Física del CSIC desde la década de 1960 hasta la actualidad.

Equipo de Reflectancia ultravioleta-visible (IQFR)



El grupo de Electroquímica

Claudio Gutiérrez de la Fe
Instituto de Química-Física, CSIC

Historia del Grupo

Siguiendo una normativa del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, en 1979 el Instituto Rocasolano se reestructuró en ocho unidades estructurales de investigación (UEI), entre ellas la de Electroquímica, con un único investigador, Nilo Valverde (jubilado en 1989), especializado en electroquímica del estado sólido, especialmente en sensores de oxígeno, y la de Química Física de Interfases, con ocho investigadores, tres de los cuales (Francisco Colom, María Sánchez y Claudio Gutiérrez) trabajaban en electroquímica.

En el período 1950-1980, aproximadamente, la investigación de la electroquímica de los metales del grupo del platino estuvo liderada por la escuela rusa de Alexander N. Frumkin y por la española de Juan Llopis, entonces sin duda el electroquímico español de mayor proyección internacional, que por desgracia falleció en 1972, con sólo 53 años. El profesor Colom (1985a, b y c), de esta escuela, redactó los capítulos de dichos metales en el libro *Standard Potentials*

in Aqueous Solutions (Bard, Parsons y Jordan, eds., 1985), publicado bajo los auspicios de la International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). Además estudió la oxidación anódica del rutenio (tesis doctoral de María Josefa González, 1982) y del osmio (tesis de Javier Peinado, 1983), así como la electroreducción a cloruro del ion perclorato sobre iridio. María Sánchez estudió la formación mediante ciclados de potencial de películas gruesas sobre iridio, cuyo carácter electrocromático las hacía potencialmente útiles como *displays*. Esta línea concluyó con la jubilación de Colom y Sánchez.

En España el estudio de la interfase electrodo-electrolito mediante la espectroscopía de electrorreflectancia de electrolito (EER), también conocida como espectroscopía ultravioleta-visible de reflectancia modulada en potencial, fue iniciado por Gutiérrez después de varias estancias cortas con el doctor Alan Bewick en la Universidad de Southampton. El montaje de la técnica, y el inicio del estudio de los óxidos anódicos del Fe, constituyeron el trabajo de tesina de Miguel Angel Martínez en 1984. A diferencia de las técnicas exclusivamente electroquímicas, la EER puede dar información directa sobre los intermedios y productos de reacción, lo que permitió identificar varios óxidos anódicos, tanto sobre metales féreos como nobles. Con esta técnica se publicaron veinticinco trabajos entre 1986 y 2004.

En 1984 comenzó su tesis doctoral Delfín Grande, dirigida por Valverde, sobre conductividad de fases ternarias Mg-Mn-O en función de la actividad del oxígeno. En 1985 Colom se encargó de la organización del XXXVI Congreso de la International Society of Electrochemistry, en la Universidad de Salamanca, y él mismo y Sánchez firmaron un contrato con Técnicas Reunidas S.A. para el estudio de la electrodeposición del zinc. Este trabajo constituyó la tesis doctoral de Faustina Alondo, dirigida por la propia Sánchez.

En 1986 comenzó su tesis Cristina Martínez, dirigida por Gutiérrez, que mediante EER de los óxidos anódicos del Ru, y del RuO₂ monocristalino, pudo identificar diferentes óxidos. En 1987 inició la suya Larramona, también dirigida por Gutiérrez, y en la que, igualmente mediante EER de los óxidos anódicos de Fe, Co y Ni, pudo identificar diferentes óxidos y oxihidróxidos.

En 1988 Gutiérrez se encargó, en colaboración con Carlos Melendres, del Argonne National Laboratory, Argonne (Estados Unidos), de la organización de un NATO-Advanced Study Institute sobre Spectroscopic and Diffraction Techniques in Interfacial Electrochemistry en Tenerife. Ambos editaron un libro con el mismo título en la serie C de NATO-ASI (Gutiérrez y Melendres, eds., 1990).

En 1989 Colom, Sánchez y Gutiérrez pasaron a la UEI de Electroquímica. Los estudios de electrocatálisis comenzaron ese mismo año con el descubrimiento accidental de que el espectro de electrorreflectancia de electrolito (EER) del CO quimisorbido sobre Pt y otros metales nobles presenta un pico a unos 270 nm, que no aparecía en los numerosísimos trabajos que sobre CO quimisorbido se han realizado usando todo tipo de técnicas de espectroscopía de superficie (figura 1). A partir de entonces abandonamos el campo de la corrosión para dedicar nuestros esfuerzos a la electrocatálisis, básicamente de CO y moléculas C1 y C2. Afortunadamente en esta etapa inicial tuvimos la colaboración, de enero de 1989 a mayo de 1991, del investigador visitante José Caram, del Instituto de



Figura 1. Espectros EER de un electrodo de paladio: a) en 1 M NaOH; b) en 1 M NaOH saturado con CO; c) en 1 M NaOH + 0.1 M metanol. Sólo en los dos últimos casos aparece un pico a ≈ 320 nm debido a CO quimisorbido.

Investigaciones Fisicoquímica Teóricas y Aplicadas (INIFTA), La Plata (Argentina), cuyo trabajo dio origen a trece publicaciones.

Se estudiaron mediante voltametría cíclica y EER los siguientes sistemas en medio ácido y alcalino: CO/Rh, CO/Ru, CO/Au, CO/Pt, metanol y etanol/Pt, metanol y etanol/Rh, y CO, metanol y etanol/Pd.

En 1989 redescubrimos un curioso fenómeno electrocatalítico: se encontró que si el CO se admitía a la celda electroquímica mientras el electrodo de Pt se mantenía a un potencial inferior a 0.1 V vs RHE (electrodo reversible de hidrógeno) la electrooxidación del CO disuelto tenía lugar a un potencial de sólo 0.6 V, muy inferior al valor de 0.9 V observado cuando el CO se introduce a circuito abierto. Ese fenómeno había sido ya publicado por Hideaki Kita *et al.* (1988: 371-385) en la misma revista a la que enviamos el trabajo, pero de una manera tan oscura que pasó inadvertido para el editor, quien, al ser el único caso en electrocatalisis en que el potencial de admisión afecta al potencial de electrooxidación de una especie disuelta, nos puso muchas dificultades. El fenómeno también ocurre con las caras de índices bajos de Pt monocristalino, como demostramos en una colaboración con el profesor Andrezej Wieckowski, de la Universidad de Illinois. Este caso único nos sirvió para probar, de una forma sencilla y sin necesidad de utilizar espectroscopías de superficie ni ultraalto vacío, que un electrodo extraído a potencial controlado de una disolución conserva intacta su doble capa (Wieckowski, Rubel y Gutiérrez. 1995: 97-101).

1989 fue el año de la fusión fría, el único tema electroquímico que ha llegado a aparecer simultáneamente en las portadas de los periódicos y revistas de todo

el mundo. Dedicamos mucho tiempo a intentar reproducir un resultado inicial aparentemente positivo, pero siempre sin éxito. Todavía en 2007 continúa existiendo una pequeña secta de convencidos de que el fenómeno es real. Conviene recordar que no es termodinámicamente imposible (la energía procedería de la fusión nuclear del deuterio, cuya alta concentración en el cátodo de paladio sería supuestamente suficiente para vencer la repulsión entre los núcleos de deuterio) sino muy improbable, y que se han ensayado otros métodos para conseguirla, por ejemplo mediante ultrasonidos. En realidad, la fusión fría es un redescubrimiento. Ya en 1927 John Tandberg solicitó una patente de fusión mediante electrólisis de agua con cátodo de Pd, y en 1971 Pavel Alikin (Universidad de Perm, URSS) la había redescubierto.

En 1993 se volvió a reestructurar el instituto en los clásicos departamentos, entre ellos el de Química Física de Interfases y Electroquímica, con diez investigadores, de los que tres, Gutiérrez, Sánchez (jubilada en 1995) y Alejandro Rincón, trabajaban en electroquímica (Colom se jubiló en 1992, pero siguió como doctor vinculado hasta 2005). Se incorporaron, además, la titulada técnica especializada María del Carmen Pérez, y la auxiliar de investigación Mercedes de Vega (jubilada en 2005).

En 1993 inició también su tesis doctoral Ángel Cuesta, dirigida por Gutiérrez, que confirmó mediante reflectancia diferencial la transición a 4.6 eV que aparece en el espectro EER del CO quimisorbido, y estudió mediante FTIR la adsorción de CO sobre Fe, Co y Ni. La adsorción de CO sobre Fe y Co no había



Espectrofotómetro FTIR (IQFR)

sido estudiada en medio electrolítico debido a que la electrooxidación de estos metales comienza ya a potenciales sólo algo más positivos que los de desprendimiento de hidrógeno. Además, la adsorción de CO en la fase gas sólo tenía lugar a temperaturas criogénicas, lo que indicaba que la energía de adsorción era muy pequeña. Mediante una electrorreducción previa de los metales logramos producir una superficie lo bastante libre de óxidos para poder detectar inequívocamente mediante FTIRS CO quimisorbido sobre Fe y Co, en el intervalo de pH 3-14. Es de destacar que nuestro estudio completamente básico de la adsorción del CO sobre el Fe en medio acuoso (al parecer el único existente, que además no ha recibido ninguna cita, por lo que supuestamente no tenía ni interés básico ni industrial), haya merecido la atención de la empresa Halliburton, de Estados Unidos, con la que estamos negociando un contrato de 150.000 dólares anuales durante cuatro años, comenzando en septiembre de 2007.

Se encontró que el CO quimisorbido sobre Ni en medio acuoso presentaba, al igual que el CO quimisorbido sobre los metales del grupo del Pt y sobre Au, también un pico a 4.6 eV en el espectro EER. Se demostró que para que el CO se adsorba sobre Pt en disolventes orgánicos basta con una desoxigenación muy cuidadosa, ya que de lo contrario el CO quimisorbido reacciona con el O₂ disuelto. Por lo tanto, no son necesarios los complicados métodos de generación de CO *in situ* que eran considerados imprescindibles en la literatura.

En septiembre de 1993 se incorporó Reynaldo Ortiz, de la Universidad de los Andes, Mérida (Venezuela), y hasta octubre de 1995 desarrolló su tesis doctoral, leída en su universidad de origen, sobre estudio *in situ* de procesos electrocatalíticos por espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier. Con esta técnica de IR se publicaron catorce trabajos entre 1995 y 2006. Se estudió mediante FTIRS la electrorreducción de CO₂ sobre Sn, Cu, Au, In, Ni, Ru y Pt en metanol, hallándose en todos los casos que el único producto de reacción era el carbonato generado por reacción del CO₂ con los oxhidrilos producidos en la electrorreducción del agua residual. En metanol la electrorreducción a H₂ de los protones de ácidos carboxílicos no requiere ni un metal que quimisorba hidrógeno, ni la presencia de agua en el disolvente orgánico. Y se demostró que el aumento de reflectancia en la zona de la frecuencia de tensión del CO quimisorbido, observado exclusivamente con metales electrodepositados sobre carbono vítreo, se debía simplemente a la baja reflectividad en el infrarrojo de dicho sustrato. Además, en colaboración con el doctor Carlos Pecharromán, del Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (CSIC), se elaboró un modelo de medio efectivo que explicaba perfectamente el aumento de la reflectancia.

En 1994 se incorporó al grupo Angeles Couto (jubilada en 2005), y comenzó su tesis Germán Orozco, dirigida por Gutiérrez, que estudió la adsorción y electrooxidación de CO, metanol, etanol y ácido fórmico sobre osmio y plata. Demostramos que un rugosado previo era innecesario para obtener el espectro IR de CO adsorbido sobre Ag, y que el CO se adsorbía sobre Ag en todo el intervalo de pH 0.3-13. La adsorción de CO sobre Os en medio electrolítico no había sido estudiada, probablemente porque el Os masivo no es comercial. Sin embargo, conseguimos estudiar mediante FTIRS por primera vez la adsorción de CO y moléculas C1 sobre Os electrodepositado sobre carbono vítreo.

En 1996 C. Gutiérrez publicó un capítulo en el volumen 28 de la serie *Modern Aspects of Electrochemistry* con los estudios realizados en nuestro grupo sobre las transiciones electrónicas del CO quimisorbido, y en 1998 publicó, junto a W. Plieth y G. Wilson (universidades de Dresde, Alemania, y Kansas, Estados Unidos) un *Technical Report* de la IUPAC sobre «*Spectroelectrochemistry: a Survey of In-situ Techniques*» (Plieth, Wilson y Gutiérrez, 1998: 1.395-1.414).



Microscopio de sonda de barrido (IQFR)

Los trabajos de electrocatálisis con monocristales comenzaron en 2000 con la vuelta al grupo de Cuesta tras una estancia postdoctoral de tres años con el profesor Dieter Kolb en la Universidad de Ulm (Alemania). Gracias a una estancia corta en el departamento de Química Física de la Universidad de Alicante, montó una instalación que permite fabricar, orientar y pulir electrodos de monocristales de metales nobles. Además mejoró la instalación de EER, que ahora puede medir la anisotropía rotacional de monocristales. Se dispone de un microscopio de sonda de barrido (SPM) que posibilita, en la modalidad de túnel (STM), obtener imágenes *in situ* de la superficie de nuestros electrodos con resolución atómica, y en la modalidad de fuerza atómica (AFM), estudiar muestras no conductoras. En 2001 Cuesta ganó la oposición a científico titular interino del CSIC, y al año siguiente a científico titular.

Durante una estancia de Nair López, de la Universidad Autónoma de Madrid, en 2001, encontramos lo que es probablemente el único caso en que se ha po-

dido distinguir mediante una espectroscopía electrónica, la EER de ultravioleta-visible, entre la quimisorción y la fisisorción de una especie: el CO sobre Ag. A $\text{pH} \leq 11$, el CO no afectaba en absoluto al agudo pico del plasmón de Ag a 3.97 eV, mientras que a $\text{pH} \geq 12$ el CO lo eliminaba casi por completo, lo que corresponde a una adsorción débil (fisisorción) y fuerte (quimisorción), respectivamente, en perfecto acuerdo con el hecho de que el paso de N_2 producía o no, respectivamente, la desorción del CO adsorbido. A diferencia del cambio brusco con el pH del espectro de EER, el espectro IR del CO adsorbido sobre Ag no varía con el pH, por lo que no puede distinguir el CO fisorbido del quimisorbido (figura 2).

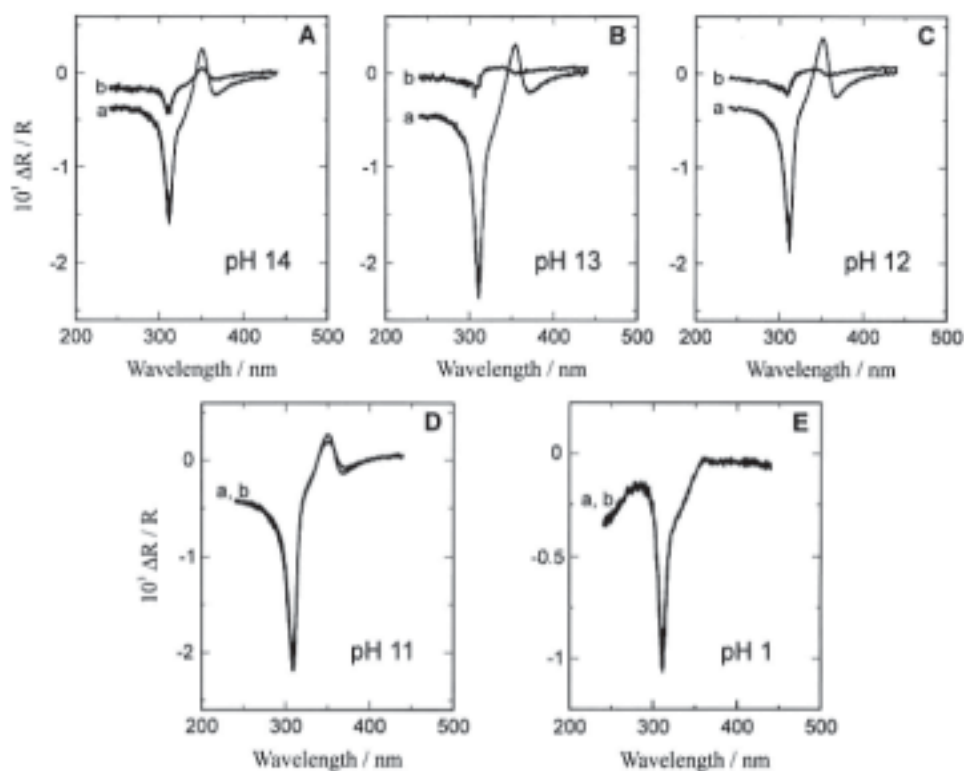


Figura 2. Espectros EER de Ag en disolución libre de CO (curvas A) y en disolución saturada con CO (curvas B). Sólo a $\text{pH} \geq 12$ el CO hace desaparecer el agudo pico del plasmón de superficie de la plata a 312 nm, lo que indica que sólo a $\text{pH} \geq 12$ el CO se quimisorbe sobre Ag, haciendo variar la densidad electrónica superficial. La EER puede discriminar entre la fisi- y la quimisorción porque el campo eléctrico penetra sólo unos 0.05 nm (la longitud de apantallamiento de Thomas-Fermi) en los metales, por lo que es muy sensible a las variaciones de densidad electrónica superficial producidas por una adsorción fuerte.

En 2001 comenzó su tesis doctoral Ana López, dirigida por Cuesta y Gutiérrez, que estudió el origen del pre-pico en los voltamogramas de CO adsorbido sobre Pt policristalino, Pt(111), Pt(100) y Pt(110), determinando mediante un ciclo termodinámico, y por lo tanto exacto, el recubrimiento de CO, y su dependencia con el potencial de admisión de CO a la celda electroquímica. Además, encontró que el recubrimiento de CO sobre Pt no es afectado por la presencia de cloruro, incluso a una concentración 0.1 M. Sólo cuando comienza la oxidación del CO adsorbido puede adsorberse el cloruro sobre los átomos de Pt que

han quedado libres, inhibiendo la adsorción de OH y por lo tanto la oxidación de más CO adsorbido, que requiere entonces potenciales más altos.

Un resultado muy importante, obtenido con un monocristal de Pt(111) decorado con una nanoestructura de CN quimisorbido, ha sido la demostración de que hacen falta al menos tres átomos de platino contiguos para poder deshidrogenar metanol hasta CO, mientras que con agrupamientos atómicos menores la oxidación transcurre hasta CO₂ sin pasar por CO. Gracias a este resultado Cuesta obtuvo el premio CIDETEC (Centro de Investigación Tecnológica en Electroquímica), dotado con 6.000 euros, al mejor trabajo español de electroquímica publicado en 2006.

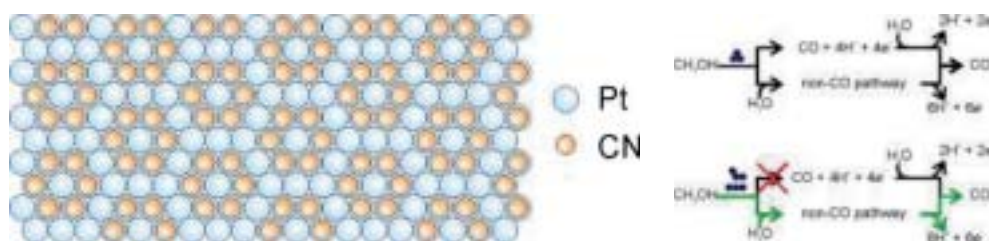


Figura 3. Demostración de que hacen falta al menos tres átomos de platino contiguos para poder deshidrogenar metanol hasta CO, mientras que con agrupamientos atómicos menores la oxidación transcurre hasta CO₂ sin pasar por CO.

El resultado más reciente es la demostración de que la quiralidad superficial se puede detectar midiendo la anisotropía rotacional de la electrorreflectancia de electrolito (EERRA).

Otro tema en el que hemos comenzado a trabajar con electrodos de monocristales es el nanoestructurado de superficies.

Colaboraciones

Electrocatalisis con electrodos policristalinos

1. Electrooxidación de etanol sobre Ni y Fe. En 1993, dentro de un programa PECO de la CEE, y en una estancia del doctor Andrezj Kowal, del Instituto de Catálisis y Química de Superficies de Cracovia (Polonia), quien había desarrollado un método para electrooxidar alcoholes residuales de destilación (*faints*), produciendo así un conservante para piensos, se demostró mediante EER que la electrooxidación de etanol sobre Ni y Fe hacía disminuir el espesor de la capa de óxidos anódicos, lo que indicaba que la electrooxidación tenía lugar, al menos en parte, por reacción química entre el etanol y los óxidos anódicos de Ni y Fe.

2. Estudio mediante Electrorreflectancia de Electrolito y XPS de la activación de una aleación amorfa por ataque con HF. En 1996, en una estancia de Myriam Sistiaga, de la Universidad del País Vasco, se demostró mediante

electrorreflectancia de electrolito que el ataque con HF de aleaciones amorfas resistentes a la corrosión del tipo $\text{Ni}_{59}\text{Nb}_{40}\text{Pt}_{1-x}\text{Sn}_x$, que les confiere actividad para la electrooxidación de contaminantes orgánicos en aguas residuales, hace desaparecer un óxido, identificado por XPS como Nb_2O_5 , de la superficie de la aleación, pero que cuando ésta se introduce en H_2SO_4 el óxido vuelve a aparecer al cabo de varias horas. Es de notar que esta desaparición y reaparición del óxido no pudo seguirse mediante XPS, debido a que en esta técnica se necesitan varias horas para conseguir el ultraalto vacío necesario para las medidas. El efecto principal del ataque con HF fue un enriquecimiento de la superficie con Pt, lo que explica el aumento observado de la actividad electrocatalítica.

3. Electrodo modificados. Desde 2000 mantenemos una colaboración con la profesora Soledad Ureta, de la Universidad de Santiago de Chile, sobre electrooxidación de alcoholes y clorofenoles sobre Au, carbono vítreo, y electrodos modificados con ftalocianinas y porfirinas de Ni. En una estancia de Claudia Yáñez se demostró que al menos parte de la electrooxidación de alcoholes sobre Pt tiene lugar por una reacción química de los alcoholes con el óxido de Pt.

Conversión fotoelectroquímica de energía solar

La primera crisis del petróleo estimuló una búsqueda intensa de energías alternativas, incluyendo la conversión fotoelectroquímica de energía solar, en cuyo campo se trabajó en 1980-1984 en colaboración con el docyot Pedro Salvador, del Instituto de Catálisis y Petroleoquímica.

En 1989, en una estancia de la doctora Isabel Pereira, de la Universidad de Lisboa, se determinó mediante EER el bandgap de una serie de perovskitas mixtas, de composición $\text{BaSn}_{1-x}\text{Sn}_x\text{O}_3$. El bandgap, que era de 3.4 eV para x de 0 a 0.1, en buen acuerdo con la constancia del parámetro de red, es demasiado alto para conversión de energía solar.

Corrosión

En 1994, en una estancia del doctor Miguel A. Climent, de la Universidad de Alicante, se estudió la corrosión catastrófica de las armaduras de acero del hormigón armado que se produce cuando el pH del hormigón desciende por debajo de 8, lo que puede ocurrir cuando la porosidad del hormigón permite el paso del CO_2 atmosférico hasta el acero. Se encontró que un descenso de pH del medio de sólo 0.07 unidades de pH, de 7.69 a 7.62, produce un aumento de dos órdenes de magnitud en la velocidad de corrosión, lo que destruía totalmente la capa pasivante natural del hierro en medio alcalino, ya que su espectro EER desaparecía por completo.

Fachada del Rockefeller.
Imagen tomada desde el
lateral norte del edificio central
del CSIC (IQFR)



Grupo de Análisis de Superficies y Espectroscopía Mössbauer

Mercedes Gracia García
Instituto de Química-Física, CSIC

Historia del grupo

Espectroscopía Mössbauer. Corrosión. Cerámicas arqueológicas. Carbones

En 1973, al reincorporarse al Instituto Roscasolano José Ramón Gancedo, después de finalizar su postdoctorado en Cambridge, se decidió instalar un Laboratorio de Espectroscopía Mössbauer (EM) e integrarlo en la sección de Radioquímica del departamento de Radioisótopos. Este departamento, creado en 1968 y reconvertido en 1979 en unidad estructural de investigación (UEI) de Cinetoquímica y Radioisótopos, fue dirigido por el profesor Jose Miguel Gamboa Loyarte hasta su muerte, acaecida en 1984.

En 1979 el Laboratorio de EM pasó a formar parte de la UEI de Química Física de Interfases hasta 1993, año en el que habiéndose recuperado la estructuración

departamental del instituto, la EM se ubicó definitivamente en el departamento de Química Física de Interfases y Electroquímica. Con la puesta a punto del Laboratorio de EM se inició una línea de investigación sobre la corrosión de materiales féreos y los factores (ambientales y estructurales) que influyen en la misma. Sobre dicha línea se realizaron dos tesis doctorales, la primera en 1976, sobre corrosión en disolución, realizada por José Manuel Otón, y la segunda, en 1980, obra de María Luz Martíñez-Pueyo, sobre corrosión en atmósferas contaminadas con SO₂. El hallazgo más importante de esa investigación inicial fue la identificación y caracterización de las denominadas herrumbres verdes en los productos de corrosión en disolución. Muchas de las unidades necesarias para EM (generador de onda, transductor Doppler, preamplificadores, contadores, banco óptico) fueron construidas en los talleres del instituto.

En varias ocasiones el contador de electrones para CEMS (*conversion electron Mössbauer spectroscopy*) construido en el Rocasolano, fue pedido en préstamo por varios grupos para fabricar uno semejante. En aquella época, debido a que el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) sólo contaba con nuestro Laboratorio de EM, equipos de otros centros (Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas, CENIM; Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, IETCC; Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, ICMM; Instituto de Cerámica y Vidrio, ICV; Instituto de Catálisis y Petroquímica, ICO) solicitaron que colaborásemos con ellos para llevar a cabo trabajos sobre caracterización por EM de materiales y compuestos de hierro. En la actualidad, aunque con una frecuencia menor, el grupo continúa realizando colaboraciones sobre aplicación de la EM a temas diversos.

En 1977, con la incorporación al grupo de Mercedes Gracia, se inició una línea de investigación sobre la aplicación de la EM al estudio de cerámicas arqueológicas que dio lugar a su tesis doctoral, leída en 1980. Dicha investigación precisó del empleo de técnicas analíticas complementarias (DRX, absorción atómica, activación neutrónica, fluorescencia de rayos X, microscopía petrográfica) y exigió por ello de la colaboración con otros centros. Esta línea de estudio de materiales de interés arqueológico o artístico se mantiene vigente en el laboratorio, aunque limitada a la realización de trabajos de colaboración ocasionales.

En la década de los ochenta, los estudios sobre corrosión, que continuaban constituyendo la línea de investigación principal del grupo, experimentaron un avance significativo con la incorporación de dos becarios predoctorales (José Francisco Marco en 1986 y Juan Z. Dávalos en 1987) que iniciaron el análisis de la corrosión de aceros autopasivables en atmósferas de SO₂ con ciclo húmedo-seco y de las capas de corrosión formadas mediante CEMS. Marco y Dávalos presentaron sus tesis doctorales en 1989 y 1992 respectivamente. Una colaboración importante para ambas fue la aportada por el doctor José María Palacios, responsable de la instalación de SEM/EDX existente entonces en el edificio del Instituto Rocasolano. Asimismo, se realizaron trabajos sobre corrosión en colaboración con el grupo del profesor Gunther Joseph, del Instituto de Investigaciones y Ensayos de Materiales de Chile (IDIEM) con la ayuda de varios convenios CSIC-Universidad de Chile. Entre ellos merece la pena destacar el llevado a cabo sobre la corrosión en la atmósfera de la Antártida.

(Izquierda) Vista general del laboratorio de Espectroscopía de Superficie y Mossbauer. (Derecha) espacio de trabajo del grupo (IQFR).



Las colaboraciones con grupos del CSIC del CENIM (profesores Sebastián Feliú, José A. González y Manuel Morcillo) y del Instituto Torroja (profesora María del Carmen Andrade) fructificaron en diversos trabajos en el campo de la corrosión (convertidores de óxido, armaduras de hormigón, entre otros).

Al final de los años ochenta, mediante colaboraciones con grupos del Instituto Nacional del Carbón (INCAR) de Oviedo (profesor José Manuel Díez Tascón) y del Instituto de Carboquímica de Zaragoza (doctor José Luis Miranda), se realizaron varios trabajos de caracterización de la materia mineral del carbón mediante EM, iniciándose así una línea de investigación sobre carbones en la que el grupo ha investigado regularmente durante muchos años.

Análisis de superficies. XPS y AES

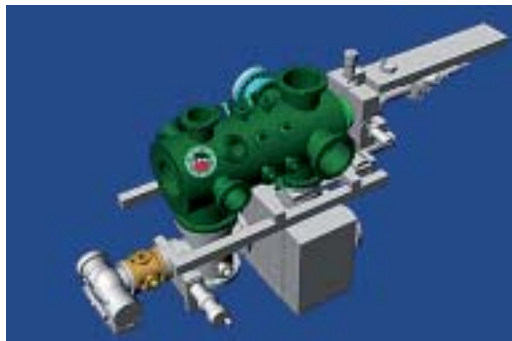
La estancia en 1987 como profesor invitado de Gancedo en la Universidad de Maguncia (Alemania) encaminó la investigación del grupo hacia el uso de espectroscopías de superficies. En 1989, antes de iniciar su postdoctorado en Birmingham, Marco realizó también una estancia de tres meses en la Universidad de Maguncia para estudiar superficies mediante XPS y espectroscopía Auger (AES). La concesión al grupo de varias acciones integradas hispano-alemanas para el estudio de películas delgadas afianzó la colaboración con dicha universidad (doctor Werner Meisel). En 1990, se consiguió la financiación necesaria (ayuda para infraestructura del CSIC) con que adquirir un espectrómetro AES y en 1992 se facilitó al grupo un espectrómetro XPS de diez años de antigüedad cedido por el Instituto de Catálisis y Petroleoquímica. Con una subvención de la CYCIT (acción especial para infraestructura) se pudo, además, comprar e instalar un espectrómetro XPS adicional, debido a que algunas de las unidades de UHV del equipo, así como el hardware y software de control, se construyeron y ensamblaron en los talleres del Instituto Rocasolano.

En 1994 el grupo fue favorecido con la concesión de un proyecto de la CEE/ Programa PECO para el estudio de superficies, en el que participaron el Institut für Anorganische und Analytische Chemie, de la Universidad de Maguncia (doctor Meisel) y el J. Stefan Institute, de la Universidad de Liubiana, en Eslovenia (doctor Darko Hanžel). Las colaboraciones esos centros fueron una ayuda im-

portante para el desarrollo y consolidación del Laboratorio de Espectroscopías de Superficie, como también lo fue en la misma etapa la llevada a cabo, mediante una acción integrada hispano-británica, con el equipo del profesor J. Watts, de la Universidad de Surrey, que goza de un reconocido prestigio internacional en el campo de las espectroscopías para análisis de superficies.

Óxidos mixtos y materiales de intercalación. Películas finas y recubrimientos. Propiedades magnéticas

Durante el postdoctorado de Marco en la Universidad de Birmingham (1989-1991) se inició, en colaboración con el grupo del profesor Frank J. Berry, de esa institución (actualmente en la Open University, Reino Unido), una línea de investigación, que sigue en curso hoy en día, sobre óxidos mixtos de metales de transición y materiales porosos. Esta colaboración fue favorecida con la concesión de varias acciones integradas hispano-británicas. Durante su permanencia en Birmingham, Marco tuvo la oportunidad de iniciarse en el aprendizaje de la espectroscopía de absorción de rayos X (XAS) mediante diversas estancias en la instalación de radiación sincrotrón de Daresbury, poniendo así a disposición del grupo del Instituto Rocasolano las facilidades de uso de dicha técnica, que desde entonces se viene aplicando regularmente.



Cámara de ultra alto vacío (UHV) con manipulador LN₂-refrigerado con instalaciones para limpiar los metales refractarios y dibujo del compartimento superficial CAD del sistema (IQFR)

En los años noventa prosiguió la incorporación de otros becarios para realizar su tesis doctoral (Jesús A. Tabares, 1995; Aria C. Agudelo, 1998), así como de una científica titular (María A. Martín-Luengo). La tesis de Tabares consistió en la construcción y puesta a punto de un analizador de electrones esférico para DCEMS (Depth-Selective CEMS). En aquella época fue particularmente importante la estancia en año sabático del profesor Germán A. Pérez Alcázar de la Universidad del Valle (Cali, Colombia). Durante ella, con la ayuda de un proyecto ALAMED de la Unión Europea (UE), se inició una colaboración sobre la corrosión y el estudio de propiedades magnéticas de las aleaciones Fe-Mn-Al, que continúa en la actualidad. Hay que destacar también la colaboración del grupo del profesor Roberto C. Mercader (Universidad Nacional de La Plata, Argentina), cuya aporta-

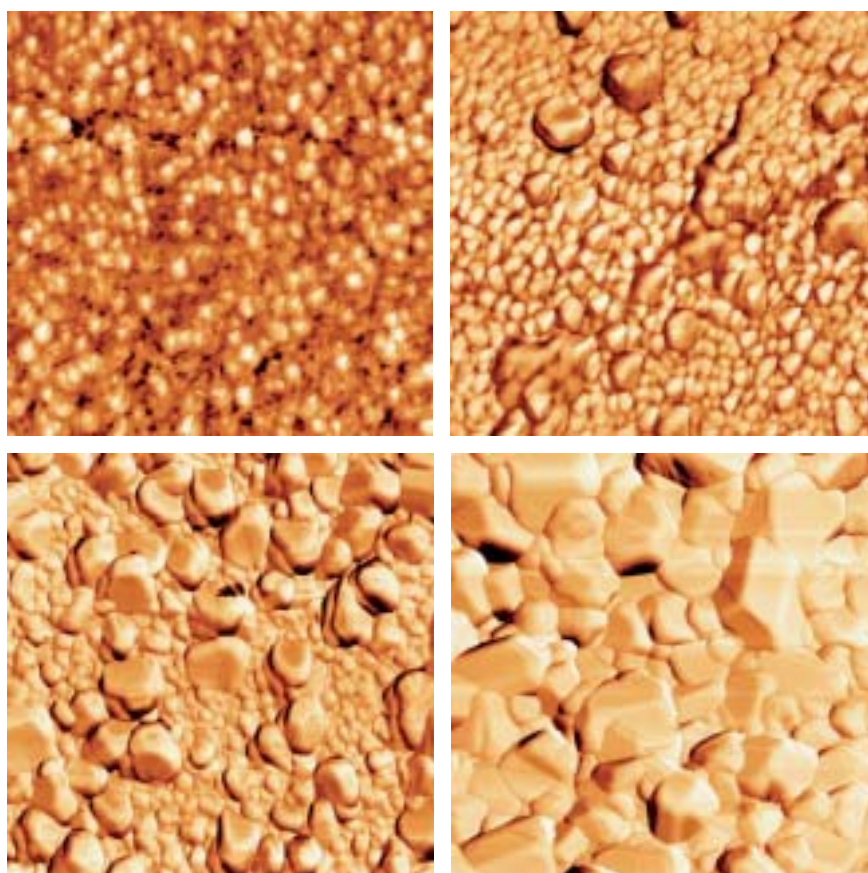
ción sobre tratamientos láser para modificación de superficies fue de gran ayuda en los estudios de procedimientos anticorrosivos. La disponibilidad de un laboratorio de análisis de superficies (con un espectrómetro AES y dos espectrómetros XPS) junto al de EM, permitió emprender otras líneas de investigación (películas finas y recubrimientos multicapa) y desarrollar nuevas colaboraciones (catalizadores, nanotubos) con equipos de investigación nacionales y extranjeros. Así, el grupo del Rocasolano fue uno de los participantes en una Network de la UE (1998-1999) para la promoción de técnicas aplicables al estudio y conservación de iconos (pigmentos, particularmente). La línea sobre caracterización de carbones pudo también extenderse al estudio de materiales carbonosos, tales como negros de humo y fibras poliméricas. Recientemente, el grupo ha participado en un proyecto del INCAR (profesor Díez-Tascón), financiado por la Dirección General de Investigación (DGI), para el análisis de la modificación superficial de fibras avanzadas mediante plasma de barrera dieléctrica. Asimismo, en el marco de un convenio CSIC-COLCIENCIAS para el desarrollo de instrumentación de EM en la Universidad de Antioquia, Colombia (profesor Álvaro L. Morales), se realizó en el Rocasolano parte de una tesis doctoral, la de Álvaro A. Velásquez, presentada en 2006 en la citada universidad. En la actualidad, la instalación de un equipo de pulverización catódica DC y RF, que permitirá producir películas finas y recubrimientos multicapa en el propio laboratorio, así como la inmediata incorporación de un nuevo científico titular (Juan de la Figuera), constituyen una mejora considerable en los recursos humanos y la capacidad operativa del grupo.

La labor investigadora del grupo sobre instrumentación y aplicaciones de la EM en áreas de interés industrial fue reconocida por el ISIAME International Board, al confiarle la organización en Madrid, en el año 2004, de la sexta edición del «International Symposium on the Industrial Applications of the Mössbauer Effect». Estos simposios, que se celebran con periodicidad cuatrienal, reúnen a científicos, usualmente competentes en EM, que tratan de resolver problemas de interés tecnológico o industrial mediante la aplicación de dicha técnica. Así, con el patrocinio del CSIC y organizado por el grupo de EM del Instituto Rocasolano, el ISIAME-2004 tuvo su sede en el auditorio del edificio central del Consejo en Madrid. Al él asistieron ochenta y cuatro participantes procedentes de veintiocho países. La contribución española, constituida por quince participantes (comunidades de Aragón, Cataluña, Valencia, Madrid y País Vasco), fue muy numerosa.

Líneas de investigación

1. Corrosión-Protección. Desde la creación del Laboratorio de EM, la corrosión del hierro y de aleaciones de hierro en atmósferas contaminadas con SO₂ viene siendo uno de los principales temas de investigación. Posteriormente, al disponer de técnicas espectroscópicas de superficies fue posible estudiar la corrosión de materiales diferentes del hierro y también la de capas finas e interfases y, particularmente, de recubrimientos protectores frente a la corrosión. En la

actualidad, la línea principal de investigación del grupo, financiada mediante un proyecto de la DGI, consiste en la preparación, caracterización y estudio de la resistencia a la corrosión y a la oxidación a altas temperaturas de recubrimientos basados en nitruros metálicos, mono- o multicapa (TiN, AlN, TiCrN, TiAlN, Ti/TiCrN, Cr/CrN/Cr/CrN...). El trabajo realizado ha permitido comprobar que la porosidad del recubrimiento es uno de los factores determinantes de su carácter protector frente a atmósferas húmedas contaminadas con SO₂ y frente a las condiciones agresivas de un test Prohesion. También se ha determinado que el tipo y la composición del recubrimiento influyen en su comportamiento en ambientes agresivos. Mediante la investigación en curso, consistente en la preparación de recubrimientos de composiciones diversas y en la caracterización química, estructural y microscópica de los mismos, antes y después de someterlos a diferentes ensayos de corrosión y oxidación, se pretende establecer tanto los mecanismos de la reacción de corrosión/oxidación, como el tipo y composición del recubrimiento adecuados a un determinado uso. Es de destacar la colaboración en estas investigaciones de los grupos del ICMM (profesor José M. Albella) y del J. Stefan Institute (doctor Hanžel). Asimismo, la caracterización mediante AFM de las muestras se lleva a cabo en el propio departamento del grupo, gracias a la ayuda del grupo de Electroquímica (doctor Ángel Cuesta).



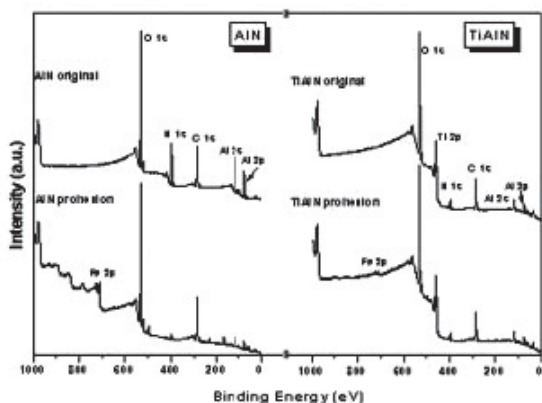
Imágenes AFM 2 x 2 mm tomadas del as-depositado Ti/TiCrN *bilayer* a menos de 550° C (superior izquierda), a 550° (superior derecha), 650° (inferior izquierda) y 850° (inferior derecha) de un estudio de Marco et al. (2007)

2. Materiales magnéticos. Esta línea de investigación se inició con un proyecto ALAMED de la UE (1994) para el estudio de las propiedades magnéticas de aleaciones Fe-Mn-Al, en el que participaron el departamento de Física de la Universidad del Valle (Cali, Colombia) y el ICMM (profesor Jesús González). El interés del sistema Fe-Mn-Al se debe a que la coexistencia en el mismo de dilución magnética, interacciones competitivas y desorden estructural puede dar lugar a diversas fases magnéticas entre las que se puede contar, por ejemplo, la de vidrio de espín reparticipante. Gracias a estos trabajos iniciales, se consolidó la colaboración con el grupo de González, habiéndose estudiado desde entonces sistemas tales como nanohilos de Fe encapsulados en nanotubos de carbono (investigación en la que participó el grupo del premio Nobel de Química, profesor Harold W. Kroto), aleaciones Fe-Mn-Cu nanoestructuradas o nanopartículas de CuO, entre otros sistemas. Actualmente el grupo participa en un proyecto de la Comunidad de Madrid, liderado por el profesor Rodolfo Miranda, que tiene como objetivo el análisis de nanoestructuras magnéticas, ocupándose en concreto de la caracterización de nanopartículas de óxidos de Fe con posibles aplicaciones biomédicas que se sintetizan y biofuncionalizan en el ICMM (doctora María del Puerto Morales).

3. Óxidos mixtos, materiales de intercalación y electrodos. En esta línea de investigación pueden agruparse cuatro temas en los que el grupo trabaja desde hace tiempo mediante colaboraciones financiadas por proyectos y convenios interinstitucionales. El primero de ellos, que se realiza en el marco de una colaboración con el equipo del Berry del Department of Chemistry, de la Open University, consiste en la caracterización mediante EM, XPS y EXAFS/XANES de materiales basados en óxidos mixtos de metales de transición (estructura granate, perovskita, espinela) con el fin de elucidar algunas de sus propiedades estructurales (determinación de la ocupación de los diferentes sitios cristalinos, distribución catiónica...), físicas (interacciones magnéticas en compuestos con sustitución diamagnética) o químicas (fases producidas por la reducción en atmósfera controlada de los óxidos originales). También en colaboración con ese equipo se han estudiado compuestos de intercalación, fundamentalmente óxidos con estructura NASICON y zeolitas Y intercambiadas con diferentes cationes de metales de transición y con varias tierras raras (La, Eu...). En particular, en el caso de las zeolitas, se han estudiado los cambios que tratamientos hidrotermales como los utilizados en la industria química originan sobre la localización, estado de oxidación y coordinación de los diferentes metales intercambiados.

El segundo tema concierne a materiales cuyas propiedades electroquímicas pueden resultar válidas para su uso como electrodos en baterías recargables de ión Li o como electrocatalizadores para la reducción del oxígeno. La estructura tipo espinela resulta particularmente adecuada a estos fines porque puede dar cabida a cationes mono-, di-, tri- y tetravalentes y admitir vacantes en algunos de los sitios normalmente ocupados. Como las distintas composiciones de tales sistemas dan lugar a diferentes propiedades electroquímicas, que no siempre son deducibles teóricamente, éstas tienen, por ello, que investigarse en cada caso particular. El grupo del profesor Juan L. Gautier (Universidad de Santiago de Chile, USACH) sintetiza dichos materiales y estudia sus propiedades electro-

químicas, y el del Rocasolano se encarga de la caracterización química y estructural de los mismos. Diversos óxidos mixtos con estructura tipo espinela, tales como ferritas de Li-Mn, de Ni-Mn y de Ni-V y cobaltitas de Ni, así como electrodos compuestos del tipo PPy/Cu_{1.4}Mn_{1.6}O₄/PPy (PPy = polipirrol) son algunos ejemplos del tipo de materiales usados en estas investigaciones.



Grupo de Análisis de Superficies y Espectroscopía Mössbauer. Investigaciones: (izquierda) estudio de resistencia a la corrosión y oxidación a altas temperaturas de recubrimientos basados en nitruros metálicos, mono- o multicapa (TiN, AlN, TiCrN, TiAlN, Ti/TiCrN, Cr/CrN/Cr/CrN...). (Derecha) muestra de cerámica Terra Sigillata (IQFR)

El tercer tema consiste en la investigación de superficies de electrodos (doctora María Soledad Ureta, USACH), concretamente en la caracterización mediante XPS de los grupos funcionales presentes en diversas metaloporfirinas y pftalocianinas. Por último, dentro de esta línea y en colaboración con el Instituto de Catálisis y Petroleoquímica (profesor José L. García Fierro), el grupo se ocupa de la caracterización por EM de catalizadores para la síntesis de Fischer-Tropsch. Recientemente, se ha estudiado una serie de catalizadores basados en óxidos mixtos de Fe-Ce preparados mediante diferentes procedimientos de síntesis.

4. Arqueometría. Entre los estudios de materiales y problemas de interés arqueológico y artístico son destacables dos trabajos sobre cerámicas arqueológicas. El primero de ellos, financiado mediante becas de la Fundación March y de Caja Madrid, consistió en un trabajo sobre la aplicación de la EM a la caracterización de cerámicas ibéricas y suritálicas. En un trabajo posterior se investigó la técnica de fabricación del engobe de cerámicas *Campaniense* y *Terra Sigillata*, que requirió adaptar el contador de electrones (diseñado inicialmente para CEMS de muestras de corrosión) para la detección de los electrones emitidos por materiales no conductores (cerámicos esencialmente). Otros ejemplos de estudios sobre temas de arqueometría fueron las colaboraciones llevadas a cabo sobre la caracterización de ladrillos procedentes de edificios históricos de Toledo (Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid y Asociación para la Investigación y Desarrollo Industrial de los Recursos Naturales (AITEMIN), Centro Tecnológico de la Arcilla Cocida, Toledo) y sobre los cambios inducidos en materiales líticos por la irradiación láser empleada en tratamientos de limpieza de las fachadas de edificios (Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología, CSIC, Sevilla).

Uno de los laboratorios originales del Rockefeller, 1932 (IQFR)



Grupo de Adsorción

José María Guil-Pinto
Instituto de Química-Física, CSIC

Historia del Grupo (1982-2007)

A lo largo del período 1965-1975 los miembros del grupo de Adsorción habían realizado sucesivamente estancias postdoctorales prolongadas en el extranjero para especializarse en distintos aspectos de la adsorción. El objetivo acordado fue dar un profundo cambio al campo de investigación al que el grupo iba a dedicarse en el futuro: el estudio del fenómeno de la adsorción, tanto en aspectos fundamentales, como aplicados. El doctor Anselmo Ruiz Paniego trabaja sobre adsorción en carbones con el profesor Douglas H. Everett, en la Universidad de Bristol, Reino Unido (1964-1965); el doctor José María Guil Pinto lo hace sobre metales con el doctor David O. Hayward en el Imperial College, Londres (1968-1970); la doctora Josefa E. Herrero García se especializa en óxidos con el profesor Frank S. Stone, en la Universidad de Bath, también en el Reino Unido (1973-1975). En 1976 se incorpora plenamente al grupo el doctor Andrés Pérez Masía, al cesar en el cargo de secretario general adjunto del Consejo Superior de

Investigaciones Científicas (CSIC), que desempeñó durante varios años. Aporta sus amplios y profundos conocimientos de termodinámica química a los estudios de adsorción que se están realizando. Se jubila en 1989, pero continúa en el grupo como doctor *ad honorem* hasta su fallecimiento en 2002. A las nuevas tareas experimentales también se incorpora desde un principio, con su habitual buena disposición, el señor Eugenio de Nava, ayudante diplomado del grupo, hasta su jubilación en el año 2000.

Este cambio en el campo de investigación del grupo quedó plasmado administrativamente en la reestructuración de 1979 del Instituto Rocasolano. El grupo de Adsorción pasó a formar parte de la recién creada unidad estructural de investigación de Química Física de Interfases y Electroquímica.

De aquel período inicial, anterior a 1982, de la investigación en adsorción son las dos primeras tesis doctorales realizadas en estos temas dentro del grupo. La de Manuela Brotas de Carvalho (1970), que provenía de la Universidad de Lisboa (Portugal), *Adsorción de etano y etileno sobre sílice-alúmina*, dirigida por Anselmo Ruiz Paniego, y la de José Miguel Rodríguez Cruchaga (1970), de la Pontificia Universidad Católica de Chile, *Adsorción de nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono sobre óxido de cromo a bajas temperaturas*, dirigida por Pérez Masiá. Hay que destacar que a su vuelta a Lisboa, Brotas de Carvalho fue el origen de un grupo de investigación sobre adsorción, de los primeros existentes en Portugal que, tras muchos años de trabajo, continúa con gran actividad en la actualidad.

En el período 1968-1985 buena parte de la investigación realizada por el grupo estuvo dirigida a estudios de adsorción física. En parte fueron estudios fundamentales, entre los que puede destacarse la mejora del modelo de Polanyi-Dubinin y la extensión del modelo FHH (Frenkel-Halsey-Hill) de adsorción en multicapa, con la incorporación de un tratamiento novedoso de la heterogeneidad superficial, aspecto que no estaba considerado en el modelo planteado inicialmente. Nuestro tratamiento recibió atención particular, dedicándose varias páginas a su exposición y discusión favorable en el libro *Adsorption of Gases on Heterogeneous Surfaces*, de Władysław Rudzinski y Douglas H. Everett (1992). Por otro lado se prestó también una amplia atención a la aplicación de la adsorción física a la caracterización textural de adsorbentes y catalizadores: área superficial específica (modelo BET), distribución de tamaño de mesoporos (modelo BJH y otros), volumen de microporos (método *t*, ecuación de Dubinin y otros).

Los estudios de adsorción se apoyaron en medidas con numerosos sistemas gas-sólido, principalmente hidrocarburos lineales C1-C4, en sílice, alúmina, sílice-alúmina, óxido de escandio, scheelitas. En esta etapa se dedicó un gran esfuerzo en conseguir las máximas precisión y exactitud experimentales, lo que constituyó la base experimental imprescindible para los variados estudios de adsorción llevados a cabo posteriormente. Una característica del grupo a lo largo de los años. A mitad de este período se construyó un aparato de desorción térmica programada, una técnica que los estudios de Yoshimitsu Amenomiya y otros a partir de 1967 apuntaron como prometedora (Amenomiya *et al.*, 1976; Cvetanovic y Amenomiya, 1967) y que décadas después se muestra muy útil, tanto en labora-

torios de investigación, como el nuestro, como en laboratorios industriales. Son interesantes los resultados obtenidos con la adsorción de *n*-butilamina en una sílice-alúmina, sistema empleado para la puesta a punto de la técnica. Al final de este período se pone en marcha, asimismo, un microcalorímetro de adsorción, pionero a nivel nacional y uno de los relativamente escasos existentes a nivel mundial. A lo largo de años serviría para desarrollar nuevas aplicaciones de esta interesante técnica en los campos de adsorción y catálisis.



Microcalorímetro (IQFR)

Hacia finales de los años setenta se decide ampliar los estudios del grupo al campo de la quimisorción, apuntando desde un principio a un objetivo aplicado, la caracterización químico-física, en un sentido amplio, de adsorbentes y catalizadores, mediante quimisorción selectiva de moléculas sonda. A las técnicas citadas, se incorpora un espectrómetro FT-IR para la identificación de especies adsorbidas.

El período 1986-1995 se caracteriza por la consolidación de los estudios de quimisorción; el paso por nuestros laboratorios de un alto número de becarios

predoctorales amplía el trabajo de investigación realizado, con el empuje adicional que supone la presencia de personal joven.

Se continúa con la investigación en aspectos termodinámicos de la adsorción y en modelos de adsorción física. Es destacable el trabajo de cálculo realizado para obtener calores isostéricos de adsorción, mediante la ecuación de Clasius-Clapeyron, a partir de numerosas isotermas determinadas en un amplio intervalo de temperaturas, por inclusión en los cálculos de la variación de la entalpía de adsorción con la temperatura. La comparación con calores isostéricos determinados calorimétricamente en los mismos sistemas, hidrocarburos/óxido de escandio principalmente, mostró una coincidencia muy buena. Esto demostró la validez, tanto de los cálculos termodinámicos, como de las medidas microcalorimétricas.

La tesis doctoral de Mercedes Cabrejas Manchado (1987), dirigida por Guil Pinto, es la primera del grupo en temas de quimisorción. Trató de la *Determinación de superficies específicas de metales soportados mediante quimisorción selectiva (Ir soportado)*. El estudio inicial con osmio soportado se abandona por los inconvenientes experimentales causados por la facilidad de formación del tetróxido, volátil. Se sustituye por iridio en diferentes soportes, comenzando así un largo período de investigación de catalizadores de este metal que llevaron al hallazgo de características singulares de los mismos y al desarrollo de varias metodologías de caracterización de aplicación más extensa.

En este período se estudió también la dispersión de catalizadores de cobalto sobre distintos soportes. Constituyó a ello la tesis doctoral de Isabel Gamboa Loyarte (1989), *Estudio de la adsorción de H_2 , O_2 y CO en catalizadores de Co*, dirigida por Ruiz Paniego. De ella hay que destacar el tratamiento dado tanto al óxido de cobalto másico, como al propio metal soportado en distintos óxidos.

Dentro del estudio de los catalizadores de iridio se encuadran otras dos tesis. La de José Manuel Trejo Menado (1990) sobre *Estudios de diversos gases en Ir soportado por microcalorimetría de adsorción*, dirigida por Guil Pinto, y la de Cristina Somolinos González (1992), *Estudio de la interacción con la superficie de Ir de los gases que intervienen en la oxidación de Co*, dirigida por Herrero García. En la primera se hace un amplio uso de la microcalorimetría, mientras que la segunda utiliza principalmente los análisis térmicos (TPD, TPR).

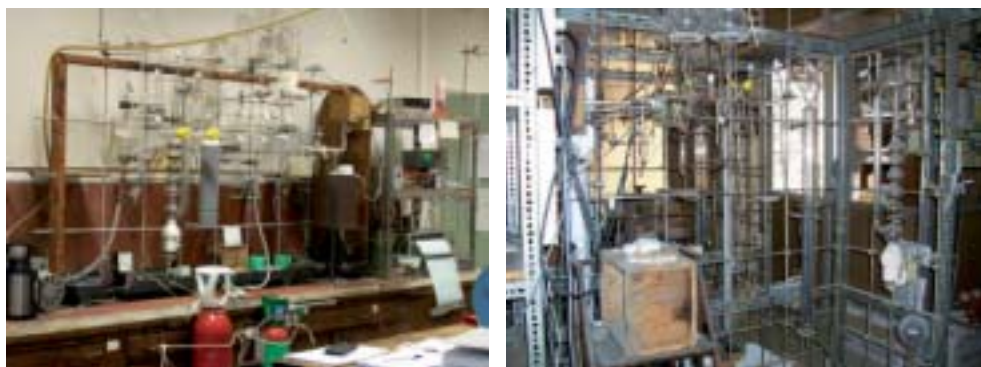
En este período también trabajan en el tema de los catalizadores de Ir, Pilar Noguerales Noguerales y Asunción Barquín Dueñas, principalmente en medidas catalíticas, deshidrogenación de metilciclohexano, hidrogenación de etileno y oxidación de CO, en un intento de correlacionar datos de adsorción y resultados catalíticos.

Paralelamente se investigan otros sistemas, como el óxido de magnesio o las scheelitas, el primero por su atractivo como un prometedor catalizador básico. Constituye el tema de las tesinas de Óscar Ahumada Heredero y Jesús Ruiz Felipe.

En el largo período de tiempo dedicado a estudiar los catalizadores de Ir, 1980-1995, se obtienen diversos resultados interesantes. Se demostró que la estequiometría H/Ir es claramente mayor que 1, y depende de la dispersión (tamaño de partícula) y de tratamientos térmicos severos (sinterización y elimi-

nación de defectos). La interacción O-Ir va más allá de la adsorción, apareciendo oxidación superficial, incluso a temperatura ambiente, cuando queda presión residual en la fase gaseosa. La adsorción de CO ocurre con estequiometrías no bien definidas. A pesar de estos inconvenientes, se diseñan dos protocolos de medida de la dispersión del Ir, basados en i) adsorción de oxígeno a 0 1C y ii) un tratamiento novedoso de aplicación de la ecuación de Elovich en su forma diferencial, a datos cinéticos de adsorción de oxígeno a temperaturas superiores.

Los datos de adsorción se complementaron con medidas catalíticas en las reacciones indicadas más arriba. El objetivo era aplicar la información obtenida por adsorción, al conocimiento de los fundamentos de las reacciones catalíticas, puesto que la adsorción/activación de, al menos, uno de los reactantes y la desorción de productos, son pasos determinantes de la ocurrencia del proceso catalítico. Aquel amplio esfuerzo no llegó a conclusiones importantes porque la interacción de cada reactante con el catalizador cambia cuando ambos reactantes están presentes, con lo que no se puede extrapolar directamente los datos de adsorción, a la situación de reacción.



Aparato volumétrico de adsorción.
A la izquierda el quipo montado sobre una de las antiguas mesas de los laboratorios del Rockefeller, que aún se usan (IQFR)

La aplicación de los métodos térmicos, microcalorimetría, TPD, TPR, permitió profundizar en las conclusiones alcanzadas en las medidas volumétricas. Se demostró la inmovilidad de la adsorción de oxígeno en Ir, y se amplió el conocimiento de reacciones superficiales en las que se había preadsorbido uno de los reactantes, $O_{ads} + H_2$, $CO_{ads} + O_2$, por ejemplo. El empleo de ciclos termoquímicos a los distintos recubrimientos dio información sobre la energética de la superficie en situación de reacción.

Al final de este período dio comienzo una extensa colaboración con el Instituto de Tecnología Química, ITQ (CSIC-Universidad Politécnica de Valencia, Valencia) para el estudio de distintas propiedades de zeolitas, principalmente mediante el empleo de microcalorimetría de adsorción. La tesina de Rut Guil López trató sobre estudios texturales de zeolitas mediante la adsorción de moléculas orgánicas de distintos tamaño y forma. El objetivo era aplicar esa metodología a zeolitas de nueva síntesis, para conocer el grado de acierto conseguido

respecto al diseño inicial *a medida* de la zeolita. Los estudios se continuaron y ampliaron a otras propiedades en la tesis de José Antonio Perdigón Melón (1999), *Caracterización textural y químico física superficial de zeolitas de interés catalítico*, según se detalla a continuación.

A finales del período anterior y a lo largo de los años 1996-2007 se inicia el estudio de otros catalizadores metálicos soportados, rodio y catalizadores bimetálicos Pt-Me; esto último, apoyado por la empresa Repsol-YPF, era una evolución natural, si se tiene en cuenta la amplia experiencia del grupo en los catalizadores monometálicos. Comienza en aquel momento una colaboración que perdura, con un grupo de Ingeniería Química de la Universidad Politécnica de Valencia/Euskal Herriko Unibertsitatea en Bilbao (Miguel Ángel Gutiérrez Ortiz), que aporta sus conocimientos y experiencia en catálisis. Con ellos se desarrollan desde entonces sucesivos proyectos coordinados del Plan Nacional. Durante este período, además, se continúa la investigación sobre zeolitas, en colaboración con el ITQ, y se lleva a cabo estudios puntuales diversos, en colaboración con otros grupos nacionales y extranjeros, aprovechando los conocimientos de los miembros del grupo en temas de adsorción.

Los estudios texturales iniciales sobre zeolitas se completaron a lo largo de varios años, ampliando el número de zeolitas de estructura conocida empleadas, para llegar al establecimiento de una metodología general. Se emplea una serie de moléculas orgánicas de distintos tamaño y forma, experimentos de postadsorción de una molécula distinta de la preadsorbida y otros; con los resultados se obtiene la densidad de empaquetamiento, se establece la existencia de cruce de canales, y otras características. Todo ello permite proponer un modelo de la red microporosa de zeolitas de nueva síntesis, cuya estructura cristalina no está aún resuelta. Tal es el caso de la MCM-22, ITQ-4, IM-5.

Mediante el empleo novedoso de otras moléculas sonda y la microcalorimetría de adsorción, se estudian otras propiedades de las zeolitas. Es agua en el caso de la hidrofobicidad/hidrofilicidad de la superficie. En la caracterización de la acidez superficial se demuestra la ventaja de usar como moléculas sonda los propios reactantes, o moléculas similares, mejor que las empleadas habitualmente, amoníaco, piridina. De esa manera, se valoran solamente los sitios de fuerza ácida suficiente como para intervenir en reacción, y que son accesibles a reactantes y productos.

El conjunto de resultados obtenidos en los estudios de zeolitas proporciona, además, información experimental sobre difusión e interdifusión de moléculas, grado de ocupación de cavidades, sitios de adsorción/reacción, etc., útil en aplicaciones de estos materiales en adsorción y catálisis.

Este amplio trabajo sobre zeolitas ha supuesto para el grupo, además de la ampliación a sistemas de adsorción muy distintos de los que habían estudiado anteriormente, forzar soluciones experimentales y diseñar nuevos tipos de experimentos para poder resolver los problemas planteados, que tienen aplicación en otros trabajos de investigación.

En este período se realizan estudios de caracterización de catalizadores de Rh/CeO₂/Al₂O₃. Se trata de un metal muy activo y selectivo en reacciones catalíticas muy variadas. Según vimos mediante microcalorimetría, forma enlaces

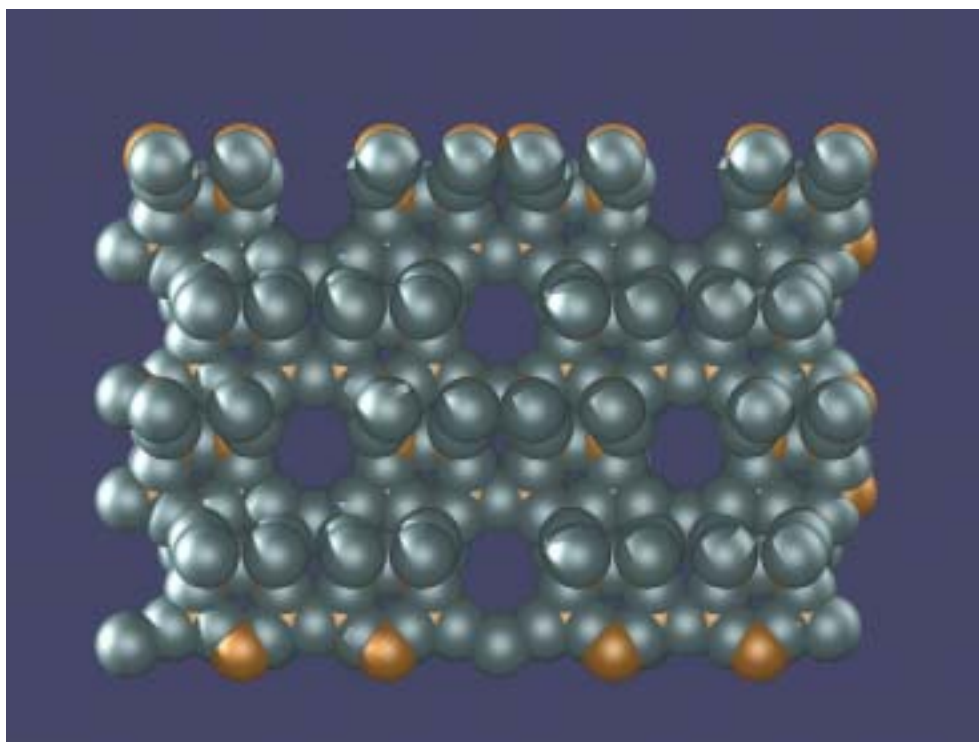


Imagen generada por ordenador de una sección de la zeolita ZSM-11 en el Instituto de Química Física del CSIC (IQFR)

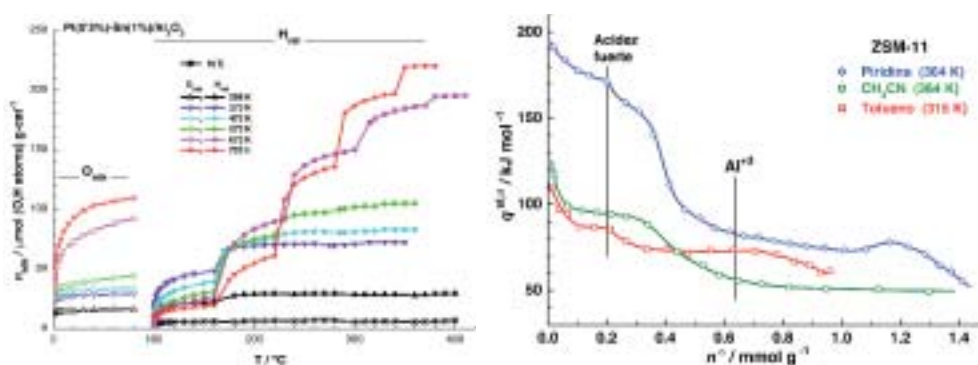
de fuerza intermedia con muchas moléculas, lo que le permite activarlas, sin bloquear la continuidad de la reacción, como ocurriría si el enlace formado fuera más fuerte (caso del iridio). En los catalizadores estudiados, la presencia del óxido de cerio trae consigo grandes dificultades (sistema redox con oxígeno, presencia de *spillover* con hidrógeno). La solución pasa por emplear oxígeno a temperatura subambiente. En Bilbao se llevaron a cabo medidas catalíticas en hidrogenación de CO a compuestos oxigenados y en reacciones de eliminación de contaminantes (TWC). Dentro de estos estudios de catalizadores de Rh, se incluye la colaboración a lo largo de años, con el grupo de Jesús Sanz (Instituto de Ciencia de los Materiales de Madrid, ICMM, CSIC), que aporta la técnica de resonancia magnética nuclear (RMN) de sólidos. Es destacable la relación encontrada, en el caso de la adsorción de hidrógeno, entre calor de adsorción y desplazamiento químico lo que da una característica energética al parámetro de RMN.

En el año 1998 se inicia el estudio de catalizadores Pt-Me/Al₂O₃ (Me=Sn, Re) de reformado de naftas, dentro de un proyecto IBEROEKA promovido por la empresa Repsol-YPF, en el que intervienen otros grupos españoles y de países iberoamericanos. Constituye paralelamente el tema de dos proyectos coordinado sucesivos con el grupo de Bilbao.

En el trabajo con los catalizadores Pt-Me intervienen varias personas becadas o contratadas con cargo a los proyectos. Durante algunos meses, Almudena Claudio García (1999), Rut Guil López (2000) y María Victoria Martínez Huerta

(2001), como becaria predoctoral Beatriz Ramajo Escalera (2002-2004), hasta obtener el Diploma de Estudios Avanzados (DEA), y el citado Perdígón Melón, con un contrato postdoctoral (2004-2006). Este último ayudó a paliar la ausencia por jubilación de Ruiz Paniego, que tuvo lugar en 2004.

El estudio de los catalizadores Pt-Me implica llegar al conocimiento, no sólo de la dispersión metálica, sino también de estados de oxidación del segundo metal, del grado de interacción entre ambos, situación geométrica relativa, etc. Para ello se desarrolló una metodología de ciclos O-H, con adsorción de oxígeno a diferentes temperaturas, y valoración con hidrógeno a temperaturas crecientes. La idea es que la especie de oxígeno formada dependerá del estado de oxidación y la interacción entre los dos metales y ocurrirá a diferentes temperaturas por tener diferente energía de activación la reacción de formación; su valoración con hidrógeno también tendrá lugar a diferentes temperaturas por razones similares. A los resultados obtenidos se unen los catalíticos de reacciones modelo conseguidos en Bilbao. En ambos laboratorios se usaron catalizadores sintetizados con diferente composición, y los industriales fresco y regenerados.



(Izquierda) el uso de reactantes similares como moléculas sonda para caracterizar la acidez superficial de catalizadores, mejor que las sondas básicas habituales, da información muy útil en aplicaciones catalíticas. (Derecha) el empleo de ciclos O(ads)-H(val) a diferentes temperaturas ayuda a determinar la dispersión metálica, interacción y situación geométrica relativa entre los dos metales en catalizadores Pt-Sn/alúmina de reformado de naftas (IQFR)

Para los catalizadores Pt-Sn se concluye que el comportamiento catalítico y la interacción entre los dos metales son particulares en el caso de la composición del catalizador industrial. En el caso de los catalizadores Pt-Re fue necesario usar medidas a baja temperatura. Ello obligó a desarrollar experimentalmente la posibilidad de medida del microcalorímetro de adsorción hasta -180 $^{\circ}\text{C}$, con notable éxito. De esta manera, se puede conseguir la ocurrencia de adsorción en solitario e interpretar los resultados a temperaturas más altas.

Desde 2004 el grupo de Adsorción del Instituto de Química Física del CSIC en Madrid pasa a estudiar, en colaboración con el de Bilbao, catalizadores para el proceso PROX, oxidación preferencial de CO para su eliminación de corrientes hidrógeno que van a alimentar pilas de combustible, así como el propio proceso, para llegar al diseño de un reactor. Se está trabajando principalmente con catalizadores de oro en óxidos reducibles. El principal problema reside en la falta de información general sobre el comportamiento de este metal en estado

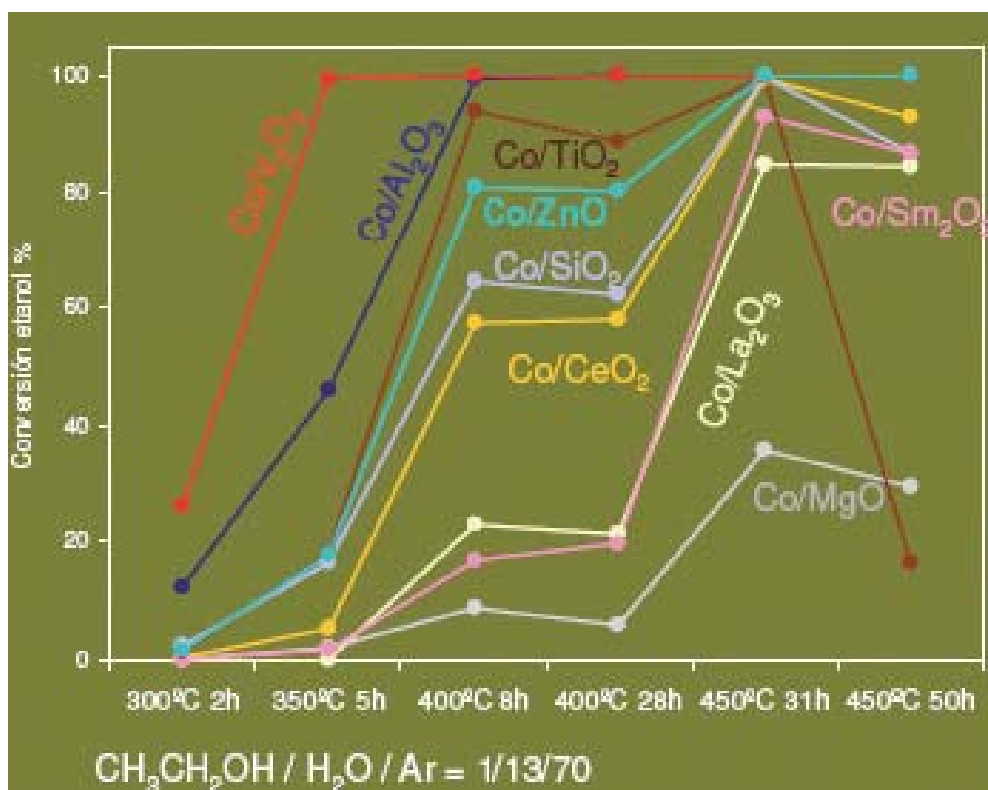
de nanopartículas, única situación en la que cataliza. Dentro de este proyecto se está realizando la tesis doctoral de Beatriz Martínez Corbella y ha trabajado durante varios meses María Vega Cañamares Arriba (2006-2007).

Paralelamente al proyecto anterior, el grupo desarrolla en la actualidad, desde 2006, otros dos proyectos más. Uno forma parte de un programa de la Comunidad de Madrid, en el que intervenimos como grupo experimental junto a seis grupos teóricos. La finalidad global es clara: contrastar resultados obtenidos de cálculo, con los medidos experimentalmente, y por otro lado, ayudar a entender resultados experimentales no explicados, empleando la modelización y simulación de esos sistemas. Los sistemas estudiados son materiales microporosos, zeolitas y arcillas con pilares (PILCs). En este proyecto interviene como doctor contratado Juan Carlos Serrano Ruiz.

El otro proyecto se encuentra en una posición completamente distinta, con finalidad aplicada inmediata. Se trata de un proyecto PETRI, con la empresa TOLSA y el Centro Tecnológico del Juguete, Asociación de Investigadores de la Industria del Juguete (AIJU), que pretende la eliminación de contaminantes de materiales poliméricos empleados en la fabricación de juguetes y de utensilios de alimentación infantil por incorporación de adsorbentes. En nuestros laboratorios se realiza el estudio de los adsorbentes que se van a usar, empleando moléculas modelo de los contaminantes a eliminar, para la elección del material óptimo y guiar las modificaciones que se han de introducir para su mejora. En este proyecto interviene como técnica de laboratorio contratada Olga Orozco Guerra.

En esta revisión histórica del grupo se ha de añadir una serie de colaboraciones, junto a las ya reseñadas, que han supuesto una ampliación de nuestros temas de estudio y el aprovechamiento de nuestros conocimientos de adsorción. Resaltaremos algunas de ellas. La mantenida con el grupo de Adsorción de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Lisboa (João Pires y Ana Paula Carvalho) trata del estudio de arcillas con pilares, PILCs, su textura y acidez superficial en relación con su actividad catalítica. En ello se ha aprovechado la experiencia adquirida en nuestras investigaciones con zeolitas. David D. J. S. Jeronimo realizó en nuestros laboratorios su tesina sobre estos temas. La colaboración con el grupo de Calorimetría del Institut de Recherches sur la Catalyse del Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) en Villeurbanne, Francia (Aline Auroux), ha cubierto el intercambio de ideas sobre la técnica y la colaboración en numerosos temas puntuales. Estas dos colaboraciones se han apoyado sólo en proyectos de intercambio dentro de convenios del CSIC con el CNRS francés y el organismo similar portugués.

Es obligado destacar aquí la colaboración mantenida con el grupo de Materiales Catalíticos de la Facultad de Química de la Universidad de Barcelona (Narcís Homs y Pilar Ramírez de la Piscina) sobre reformado húmedo de etanol en catalizadores Co/ZnO. Esta colaboración permitió demostrar, mediante estudios del calor de adsorción del reactante y un producto intermedio, espectroscopías y resultados catalíticos, que son un reducido número de sitios, los más energéticos, los responsables del suceso catalítico. Una idea que se va extendiendo en la comunidad catalítica, a la que se dio base experimental.



Reformado de bioetanol, según el estudio de Llorca *et al* (2002: 306-317) en que participan Homs y Ramírez de la Piscina, tomado del trabajo de Valdés Solís (2006)

Debemos terminar expresando la esperanza de que el esfuerzo realizado a lo largo de tantos años en mantener un grupo experto en adsorción en el Instituto Rocasolano, de referencia a nivel nacional, tuviera continuidad. Para ello, ha de resolverse el problema que supone incorporar de forma permanente personal joven al grupo. Aseguraría la fuente de ayuda en este campo que el instituto proporciona, una finalidad, la ayuda a grupos externos al mismo, mantenida por el Rocasolano desde su creación.

Laboratorio de Blas Cabrera, uno de los fundadores de la escuela del diamagnetismo en sistemas moleculares, en el *Rockefeller*, 1932 (IQFR)



La física macromolecular

Francisco J. Baltá Calleja

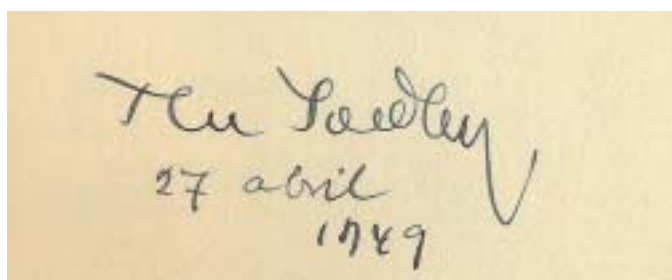
Instituto de Estructura de la Materia, CSIC

Al conmemorar el 75 aniversario del edificio *Rockefeller* es obligado recordar la historia del centro en relación con la labor científica de los grupos de investigación albergados en dicho edificio. Dentro de este marco trataré solamente de ofrecer una visión personal y breve del período correspondiente en lo que a la física macromolecular se refiere.

La actividad de esta disciplina en el edificio *Rockefeller* se inició a finales de 1969 a mi regreso a España, después de haber estado trabajando desde 1959 en la Universidad de Bristol con el profesor Andrew Keller, en el Max Planck Institut de Berlín, con el profesor Rolf Hosemann y en el Research Triangle Institute de Carolina del Norte (Estados Unidos) con el profesor Anton Peterlin.

Aunque el padre de la ciencia de los polímeros fue el gran químico orgánico berlinés Emil W. Fischer a principios del siglo XX, el estudio de las propiedades de estas macromoléculas no empezó hasta poco después de la Primera Guerra Mundial, cuando los científicos más destacados de la ciencia de polímeros, entonces naciente, y de la industria se dieron cuenta de los grandes beneficios que

se podían obtener al adquirir un conocimiento más profundo sobre la naturaleza de estas moléculas gigantes. En las siguientes décadas, bajo la dirección de Hermann Staudinger en Alemania, Theodor Svedberg en Suecia y Kurt H. Meyer y Carl S. Harvel en América, se consiguieron grandes avances teóricos y experimentales. Los procesos de polimerización se desarrollaron y se intensificó el estudio de los productos obtenidos. Hasta los años cincuenta, sin embargo, las propiedades físicas de estos sólidos macromoleculares, la configuración, cristalinidad, morfología y movilidad molecular, no se conocían con gran detalle. Los profesores Keller en Bristol, Fischer en Mainz y Peter H. Hill en Estados Unidos, obtuvieron por primera vez en 1957 monocristales de polietileno a partir de disoluciones diluidas en disolventes orgánicos. Los descubridores de los monocristales poliméricos abrieron horizontes insospechados contribuyendo con conceptos de la física del estado sólido, como el de dislocación helicoidal, y ofreciendo una descripción detallada a nivel molecular para un mejor entendimiento de su estructura y comportamiento físico. A partir de la década de los años sesenta, el profesor Rolf Hosemann en Berlín contribuyó de forma significativa mediante métodos matemáticos a la caracterización de nuevos tipos de defectos (de primera y segunda especie) en los cristales poliméricos. En las redes con distorsiones de primera especie los elementos estructurales se desplazan aleatoriamente de sus posiciones de equilibrio, mientras que en sistemas con distorsiones de segunda especie (paracristales) el orden de largo alcance (también caracterizado por Zernike y Kratky) se pierde. Los paracristales representan un estado de agregación intermedio entre los cristales y los líquidos. En el mismo período, el profesor Peterlin en Estados Unidos contribuyó de forma pionera en la caracterización microestructural de la deformación plástica de polímeros. Una de sus importantes aportaciones fue el desarrollo de un modelo de deformación a escala molecular que ha servido de guía y referencia en el estudio de la física de los polímeros cristalinos.



Rúbrica de Svedberg en el libro de firmas del Instituto de Química Física, en 1949 (IQFR)

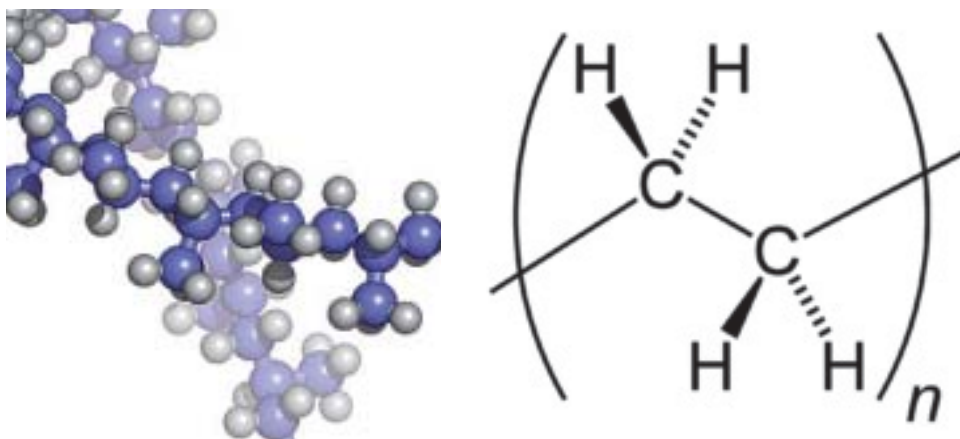
Tras mi vuelta de Estados Unidos a España en 1970 me incorporé como investigador científico al departamento de Rayos X del Instituto de Química Física Rocasolano, dirigido por el doctor Severino García Blanco, creándose el Laboratorio de Polímeros Cristalinos. Aquí inicié mis labores de investigación en este campo con los pocos medios entonces disponibles: difractómetro de rayos

X, una cámara de difracción de Kratky construida por mí, microscopio óptico de contraste de fase, microdurímetro y baños termostáticos. Con esos medios y la ayuda de los primeros becarios (José C. González Ortega, Jesús Gómez Blanco, María Asunción Pereira, José M. Vaquero Guerri) inicié la investigación en España sobre morfología y microestructura de polímeros mediante técnicas de difracción de rayos X. Con ayuda del difractómetro y mediante el uso de rendijas de divergencia y recepción adecuadas ($1/30^\circ$) también pudimos detectar difracción de rayos X hasta ángulos de difracción de $0,5^\circ$ (2θ). Ello permitió la medida de largos espaciados de hasta 150 \AA , en capas delgadas (de pocas micras) de monocristales poliméricos precipitados a partir de disoluciones diluidas.

En esta época comencé a dirigir la primera tesis doctoral, la de Daniel Rueda, en 1972. Una de las técnicas que podía aportar datos experimentales sobre la estructura química y física de polímeros era la espectroscopía infrarroja. Dado que la naturaleza y concentración de las ramas laterales en moléculas poliméricas como la del polietileno influyen directamente en las propiedades físicas, decidimos, en colaboración con el profesor Antonio Hidalgo del Instituto de Óptica, iniciar un trabajo sobre el estudio de la estructura supramolecular del polietileno con un amplio margen de pesos moleculares y grados de ramificación. Los resultados obtenidos utilizando las técnicas de espectroscopía infrarroja junto con las de difracción de rayos X utilizando el generador de rayos X de ánodo rotatorio recientemente adquirido, permitieron el desarrollo de modelos estructurales que ofrecían una información original sobre la naturaleza de las regiones interlaminares amorfas.

En 1974 el doctor Werner Heisenberg, presidente de la Fundación A. von Humboldt, me comunicó la donación de un sistema de medida de la susceptibilidad magnética para continuar las investigaciones iniciadas anteriormente en el Instituto Max Planck de Berlín. Gracias al nuevo instrumento y con la posterior incorporación al laboratorio de Fernando Ania, se desarrolló un trabajo de investigación sobre la influencia de la microestructura en el diamagnetismo de polímeros cristalinos. Es interesante resaltar que de esta manera se continuaba la tradición científica iniciada por el profesor Blas Cabrera, primer director del Instituto *Rockefeller* y uno de los fundadores de la escuela del diamagnetismo en sistemas moleculares. Los resultados obtenidos permitieron establecer por primera vez una distinción de las distintas contribuciones a la susceptibilidad diamagnética de las dos fases (cristalina y amorfa) de la estructura laminar de un polímero, así como caracterizar con precisión la transición sólido-líquido.

Otra de las líneas que se inició en este período fue la investigación de la microdureza en polímeros semicristalinos. Esta técnica, desarrollada por el profesor David Tabor en Cambridge utilizando métodos de indentación, se había empleado con anterioridad principalmente en el estudio de los mecanismos de deformación en metales y cerámica. El estudio de la microindentación en la superficie de un polímero utilizando una punta de diamante, iniciado en el Instituto Rocasolano, ofrece la ventaja de ser un proceso localizado y restringido a penetraciones del orden de la micra. En 1975 se publicó el primer trabajo realizado en nuestro laboratorio sobre la medida de esta propiedad micromecánica no destructiva en sólidos poliméricos evidenciando, por vez primera, la dependencia de la microdureza con la microestructura del polietileno.



(Izquierda) polipropileno sindiotáctico. (Derecha) Estructura química del polietileno (IEM)

Con objeto de agrupar, bajo un marco común, a diversos grupos de trabajo teóricos y experimentales que se dedicaban a la investigación física de la constitución microscópica de la materia, se creó en 1976 el Instituto de Estructura de la Materia (IEM), en el que nuestro laboratorio constituyó el núcleo del futuro departamento de Física Macromolecular. La creación de este instituto fue posible, sin duda alguna, gracias al clima de excelencia científica y convivencia humana que se vivía en la casa común y, especialmente, a la ayuda y comprensión que se recibió, en todo momento, por parte del Instituto Rocasolano.

A partir de 1976 las líneas de investigación en el nuevo departamento se fueron expandiendo con la incorporación de becarios que realizarían sus tesis doctorales y que se fueron integrando gradualmente durante los años siguientes a nuestro grupo de investigación. Así, en dicho año se incorporaron Javier Martínez de Salazar y María Esperanza Cagiao. En esta época se continuó con la investigación de la estructura del polietileno y sobre la influencia que la concentración de defectos de cadena ejerce en el tamaño, la perfección de los microcristales y en la superestructura y propiedades mecánicas. En el trabajo que realizó Martínez de Salazar se propuso un modelo de inclusión de defectos apoyado en el aumento de distorsiones de red de tipo paracrystalino. La línea que inició Cagiao fue la investigación de las variaciones que sufren la microestructura del polietileno al ser selectivamente degradado por el ácido nítrico fumante, así como los diversos factores que influyen en la cinética de degradación.

En el año 1977 cabe destacar la incorporación de dos físicos, Joaquín Plans y Enrique López Cabarcos, que empezaron sendos trabajos de investigación en el departamento de Física Macromolecular. En este período se iniciaron dos líneas totalmente nuevas: el estudio de corrientes térmicamente estimuladas en polímeros amorfos, y el de la estructura de membranas biológicas mediante difracción de rayos X a ángulos bajos en colaboración con el doctor Salvador Fernández Bermúdez recientemente incorporado al departamento. En el caso de la primera línea, el trabajo de Plans fue parcialmente realizado en el Centro de Estructura Molecular y Macromolecular de Lodz en colaboración con el profesor Marian Kryszewski, y condujo a resultados que permitieron la interpretación de los es-

pectros de corrientes térmicamente estimuladas en sistemas como polivinil carbazol. Con respecto a la segunda línea, los resultados obtenidos indicaron que la membrana púrpura del *Halobacterium halobium* se comporta como un paracrystal, en el que las proteínas en su interior exhiben una estructura con distorsiones paracrystalinas debido al empaquetamiento irregular entre proteínas y lípidos. Poco después, Víctor Cruz Cañas también se incorporó a la línea de membranas biológicas contribuyendo con un trabajo de tesis sobre la estructura laminar de cerebrósidos mediante difracción de rayos X a ángulos bajos.

Resultados de la investigación sobre la naturaleza paracrystalina de la membrana *Halobacterium halobium* en que participaron López Cabarcos y Baltá Calleja (López Cabarco et al., 1981: 641-642).

Journal of Membrane Science 10: 341-344 (1981)
 © 1981 Elsevier Science Publishers B.V.
 0167-2754/81/0010-0341\$02.50/0

Preparation and Characterization of Purple Membranes of *Halobacterium halobium*

The paracrystalline nature of the purple membrane of *Halobacterium halobium*

B. Peking of the membrane

E. C. Cabarcos, J. F. Arroyave and F. J. Baltá Calleja

In a preceding paper (1) a study on the paracrystalline lattice distortions occurring within the (hkl) planes containing the protein in the purple membrane of *Halobacterium halobium* has been reported. It was suggested that conformational details of the protein and/or conformation in the packing of protein and lipid could explain the observed lattice distortions. We now describe the paracrystalline structure of the packing of membranes of an internal macroscopic aggregate.

The packing of oriented membranes on drying has been previously investigated and values in the range 11-13 Å for intermembrane distances have been reported (2). The variations have been studied in different corner distances between adjacent membranes, probably drying slowly with a different relative orientation. The intermembrane distance of such a stack presumably vary statistically from membrane to membrane. It does fluctuate with increasing distance the long range order of the membrane packing would be lost. These irregularities cause the higher small angle X-ray diffraction (SAXD) reflections to be more broader and diffuse than the commonly diffraction-limited one implies. This lack of coherence in the membrane packing can be described satisfactorily using the concept of paracrystal (3).

The *Halobacterium halobium* purple membrane and have been described elsewhere (4). For X-ray diffraction specimens of the purple membranes were prepared in the form of dry oriented gels by centrifugation. SAXD patterns were recorded on film using a proton-collimation Kevex Camera. Further experimental details were reported in the first paper of the series (5).

The SAXD pattern of the purple membrane at room temperature (23°C) consists of three maxima which can be assigned to the first, second and 4th order reflections. A typical scattering diagram of the Purple Membrane is given in figure 1. The presence of only three orders of a periodicity of 49 Å and their diffuse shape immediately suggest that an imperfect packing of lamellar stacks occurs. The linear increase of the integral width, Ω , of the second reflections against the square of the reciprocal vector h^2 ($h=2$ and $h=4$) is shown in figure 2. (Ω is the scattering angle and h is the length of G_{hk} , vector). The linearity of this plot confirms the presence of paracrystalline distortions along the membrane macroscopic (6). The membranes are, hence, not uniformly separated and the intermembrane distance exhibits a statistical fluctuation $\Delta P = (P^2 - P_0^2)^{1/2}$. The paracrystalline distortion g of this membrane is given by the relative fluctuation $g = \Delta P/P$. The value of g is calculated from the slope of the $\Omega(h^2)$ plot and the intercept gives the average dimension D of the stacks of membranes which diffuse randomly (noncooperatively), since the integral width increases with h^2 , $\Omega(h^2) \propto h^2$ according to $\Delta P = (g^2 D^2 +$

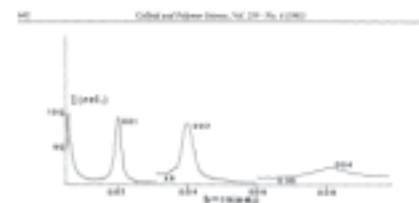


Fig. 1. Small angle X-ray scattering pattern of a gel of the purple membrane of *Halobacterium halobium* during the drying process.

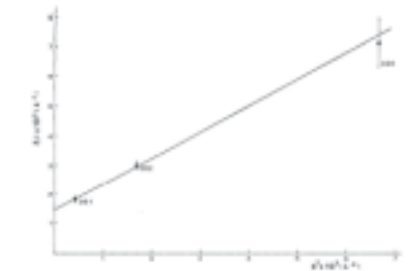


Fig. 2. Plot of integral width, Ω , for the 2θ reflections versus h^2 , square of reciprocal vector, h .

$\Omega(h^2)$ following the paracrystal theory of paracrystals (3). Using this equation, we obtain $D = 440 \pm 70$ Å and $g = 4.5 \times 10^{-4}$. Since $P = 49$ Å, the number of membranes randomly diffraction within the investigated sample of purple membrane is $N = 14$. In addition, the relative magnitude ΔP derived from the paracrystalline distortion of the membrane is of about 1 Å. It is noteworthy that the value of the relative inter-membrane fluctuation, g , and coherently diffracting length, D , are of the same order of magnitude as those found in other model membranes (6, 11). The observed value of $D = 440$ Å, in addition, coincides with the value of the D function, independently derived, which after 14 periods decreases, is equal

Los logros alcanzados en el campo de la estructura y morfología de polímeros sintéticos y biológicos hasta principio de los años ochenta habían contribuido a un entendimiento más detallado de estos sistemas y al desarrollo de nuevos materiales de importancia tecnológica, ya que la estructura y morfología ejercen una influencia directa en las propiedades físicas. El reconocimiento internacional de las contribuciones alcanzadas por los miembros del departamento de Física Macromolecular del IEM condujo en 1982 a la celebración de la 14th Europhysics Conference «Polymer Crystals: Structure and Morphology», que tuvo lugar por primera vez en España (Vilafranca del Penedés). Vale la pena mencionar que en dicha reunión el profesor Hans G. Zachmann de la Universidad de Hamburgo impartió una conferencia sobre «Las nuevas posibilidades de la radiación sincrotron para el estudio de la morfología de polímeros semicristalinos».

Durante la década de los setenta se habían empezado a construir las primeras instalaciones de sincrotrones para la investigación básica en el campo de la ciencia de los materiales. En la década anterior, el grupo de Haensel en Alemania utilizó la radiación emitida por el sincrotrón DESY (Deutsches Elektronen Synchrotron) en Hamburgo, creando el primer centro importante de radiación sincrotrón.

La reunión de la Europhysics Conference en España fue, pues, el punto de partida para una intensa actividad científica: la utilización de fuentes de radiación sincrotrón para realizar experimentos de difracción en tiempo real, y que ha sido y es utilizada ampliamente por los miembros del departamento.

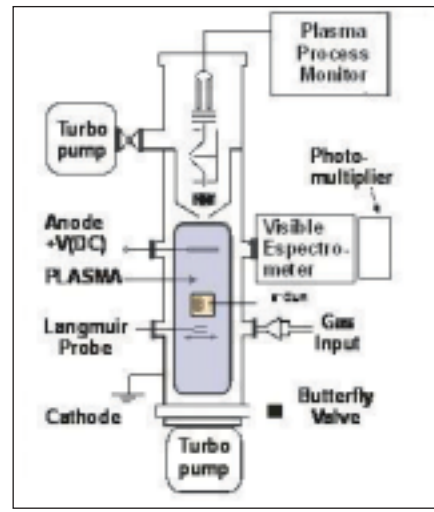
A finales de ese mismo año 1982 Tiberio Ezquerro se integró en el departamento de Física Macromolecular con objeto de realizar un estudio sobre la medida de la conductividad eléctrica y la influencia de la microestructura en materiales poliméricos compuestos, incluyendo microaditivos tales como negro de carbono y grafito; y examinar con gran detalle y minuciosidad la dependencia de la conductividad eléctrica con la temperatura y con la orientación de la matriz polimérica.

En el último período, de 1986 al 2006, el reconocimiento internacional del departamento permitió la participación en diversos proyectos internacionales en colaboración con varios centros de investigación; por ejemplo, las universidades de Hamburgo, Kyoto, Reading, New York (Stony Brook), Szczecin, Riga, Halle, etc.

La actividad investigadora del departamento, situado en el edificio *Rockefeller*, se vio reforzada por la llegada de una nueva generación de científicos que contribuyeron al desarrollo de nuevas líneas de investigación. Merece la pena destacar los nombres de Antonio González Arche, Mercedes Sánchez Cuesta, Carmen Arribas, Carlos Santa Cruz, Araceli Flores, Azar Alizadeh, Oscar Ahumada, Beatriz Vallejo, Aurora Nogales, Mari-Cruz García-Gutiérrez, José Carlos Canalda, Mohamed C. El Fadel, Alejandro Sanz e Inés Puente Orench. Las nuevas líneas incluyen:

- Microestructura y dinámica molecular en copolímeros ferroeléctricos de fluoruro de vinilideno y trifluoretileno.
- Efecto de las ramas laterales sobre el nivel de compatibilidad molecular en mezclas de polietilenos.
- Investigación de nuevos materiales conductores: polipirrol crecido en polímeros sulfonados.
- Superficies e interfases de materiales poliméricos: estructura y microdureza.
- Microestructura y transiciones de fase de materiales poliméricos avanzados.
- La arquitectura molecular como factor dominante en la estructura de los polietilenos.
- Espectroscopía de plasmones superficiales: propiedades ópticas de películas poliméricas delgadas.
- Influencia de las ramificaciones cortas en la estructura de los polietilenos metalocénicos.

Modelado cinético de plasmas fríos y diagrama (IEM)

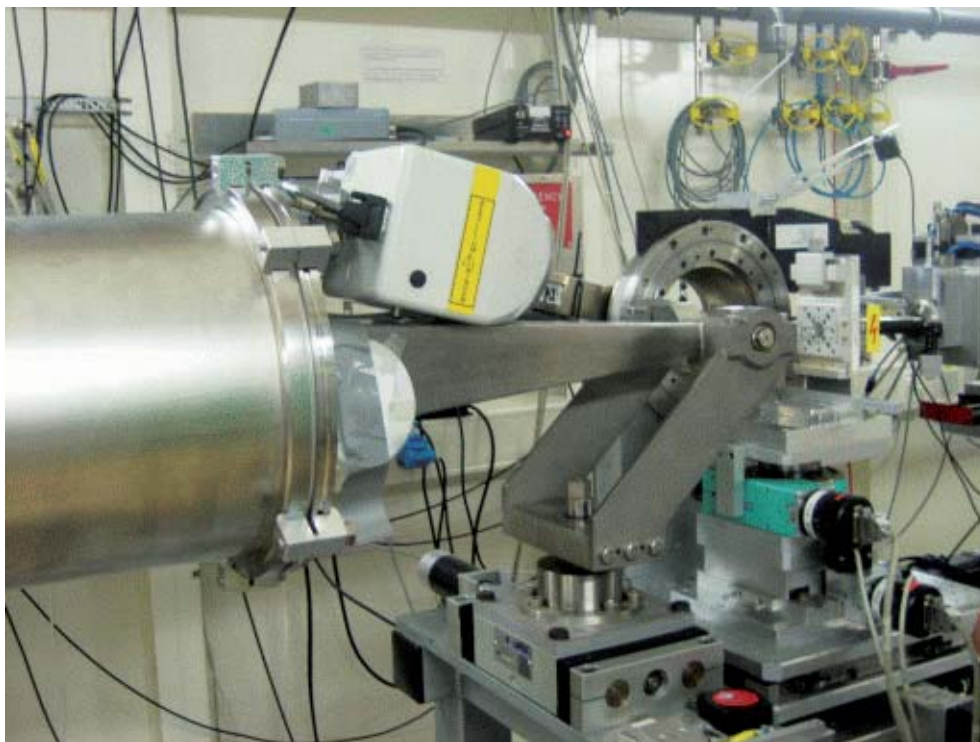


- Dinámica molecular y desarrollo microestructural en vidrios poliméricos: Cristalización en tiempo real.
- Cristalización y transiciones de fase en materiales poliméricos de cadena rígida: estructura y propiedades micromecánicas.
- Fenómenos de separación de fases en aleaciones de polifluoruro de vinilideno y polimetacrilato de metilo.
- Estudio de transformaciones estructurales en polímeros mediante susceptibilidad diamagnética: transiciones de fase y fenómenos de reorientación.
- Interrelación entre nanoestructura y dinámica en materia condensada blanda.
- Nanoestructura y propiedades micromecánicas de superficie en materiales poliméricos multilaminares.

Durante este último período el departamento adquirió nuevas instalaciones: un analizador de impedancias para medida de la permitividad dieléctrica en un amplio rango de frecuencias, y un ultramicrodurímetro para la medida de la dureza por debajo del rango de la micra. El doctor Ezquerra inició así la nueva línea sobre la medida en tiempo real de la relajación dieléctrica en procesos tales como los de cristalización. Por otra parte, la doctora Flores puso a punto la técnica de la ultramicrodureza, midiendo por primera vez las propiedades plásticas de un polímero (PET) en la región nanométrica y comparándolas con medidas realizadas en el rango de la micra.

Asimismo hay que resaltar la extensa labor realizada por los miembros del departamento usando las técnicas de radiación sincrotrón en diversas instalaciones como DESY, ESRF (European Synchrotron Radiation Facility) y Brookhaven National Laboratory. Especialmente cabe destacar las diversas contribuciones sobre la investigación de fluctuaciones de densidad electrónica como precursores de cristalización en polímeros mediante detección simultánea de difracción de rayos X a ángulos altos y bajos en tiempo real. También es digno de mención

el desarrollo de una técnica que permite la medida simultánea de la difracción de rayos X y la espectroscopia dieléctrica durante la cristalización de polímeros. Por último hay que mencionar las medidas de difracción de rayos X en cristales líquidos poliméricos efectuadas bajo la acción de un campo magnético que inducen una orientación molecular preferente.



Sistema simultáneo SAXS-WAXS, línea española BM16 (European Synchrotron Radiation Facility, ESRF), para dispersión de rayos X a bajos y altos ángulos (IEM)

En resumen, el departamento de Física Macromolecular ha logrado durante las últimas décadas un amplio reconocimiento internacional y continúa su colaboración científica con centros de investigación de todo el mundo.

En la actualidad el departamento está constituido por cuatro grupos de investigación: Propiedades Físicas y Nanoestructura de Polímeros; Dinámica y Estructura de Materia Condensada Blanda; Estructura Molecular y Propiedades de Polímeros, e Interfases, dos de los cuales mantienen su actividad dentro del edificio *Rockefeller*.

Remate de uno de los ventanales
y columnas del pórtico del edificio
Rockefeller (CSIC)



El departamento de Física Molecular

Salvador Montero

Instituto de Estructura de la Materia, CSIC

El edificio financiado por la Fundación Rockefeller que entró en servicio en 1932 como Instituto Nacional de Física y Química ha sido matriz de diversos institutos de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) a lo largo de tres generaciones. El último de estos fue el Instituto de Estructura de la Materia (IEM) que se formó por gemación del Instituto de Química Física Rocasolano en diciembre de 1975.

El IEM sólo contaba con cinco investigadores de plantilla en el momento de su fundación; un profesor de investigación (J. M. Orza), tres investigadores (F. J. Baltá, Y. G. Smeyers y A. Tiemblo) y un colaborador científico (S. Montero). Los dos últimos fueron su primer director y secretario respectivamente. El IEM se organizó en cuatro unidades estructurales de investigación (UED), una de ellas la de Física Molecular (UEI-FM) —actualmente departamento de Física Molecular (DFM)—, de cuya actividad científica hasta el día de hoy aquí informamos. En su origen ocupaba el despacho 106 y el Laboratorio 124 del edificio y algunos huecos en otros despachos, dada la precariedad de espacio.

A los pocos meses de constituirse la UEI-FM contaba con dos científicos de plantilla (Orza y Montero), tres doctores recientes (C. Domingo, R. Escribano y D. Bermejo), un becario predoctoral (M.A. López-Bote), y dos ayudantes diplomados de investigación (G. del Río y J. M. Castillo), todos procedentes de la unidad predecesora en el Instituto Rocasolano, la sección de Física Molecular del departamento de Estructura Molecular y Espectroscopía, dirigido por J. Morcillo.

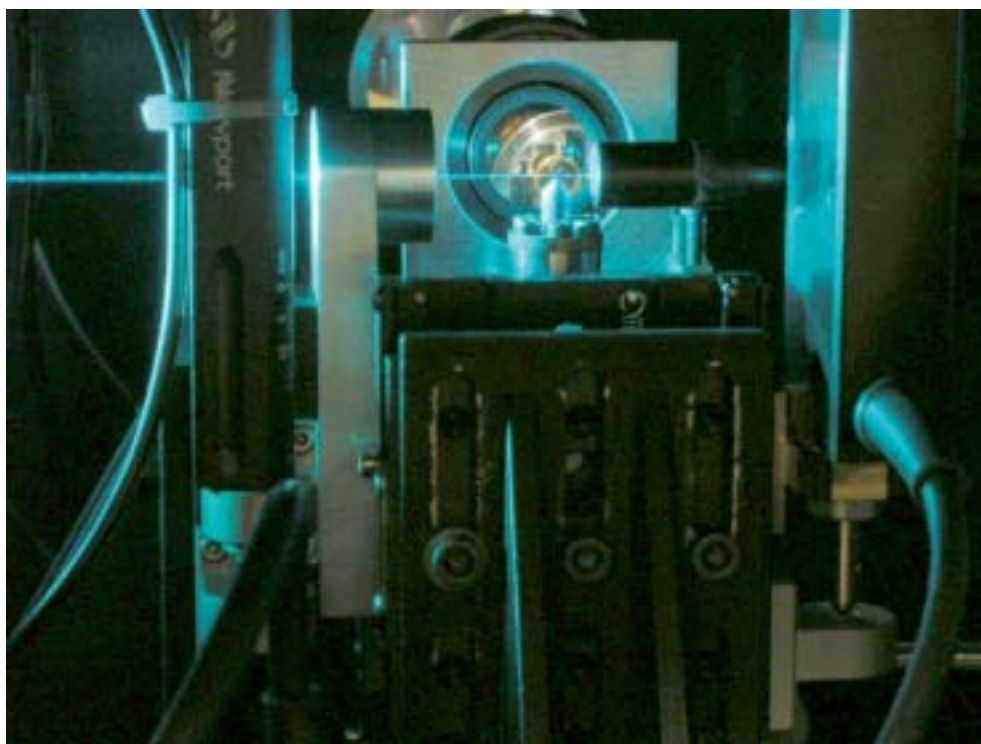
La constitución de la UEI-FM en el IEM no implicó ruptura alguna con su línea de investigación principal, la espectroscopía molecular. La nueva situación supuso un acicate para el grupo, que sentía la responsabilidad de hacer una investigación de la máxima calidad con los medios a su alcance, frente a las críticas explícitas o implícitas de algunos sectores del Instituto Rocasolano, del que se acababa de escindir. La secesión no estuvo bien vista en un principio.

Dentro del amplio ámbito de la espectroscopía molecular la UEI-FM cultivó a partir de 1976 dos líneas de investigación, una teórica y otra experimental, muy relacionadas. La primera estaba centrada en el cálculo de espectros vibracionales y funciones potenciales intramoleculares, tema muy en boga en aquellos años en que los medios informáticos ya permitían enfrentarse a problemas de cierta complejidad. En esta línea se hicieron algunas contribuciones originales, como la incorporación de intensidades y de perturbaciones rovibracionales como fuente adicional de información, así como una potente formulación de las polarizabilidades de enlace. Era éste un enfoque avanzado para la época, que obligaba a comprender en profundidad el origen físico de las intensidades espectrales, en particular las del espectro Raman, de las que existían pocos datos en la literatura, y en general eran poco fiables. También ha dado lugar a algunas líneas de investigación novedosas de las que se hablará mas adelante.

Con el citado espectrómetro se puso a punto una línea experimental de medida de intensidades Raman absolutas de los espectros de moléculas pequeñas en fase gas, así como de sólidos, que se ha extendido hasta el año 2000, incluyendo un total de cuarenta y siete especies, entre ellas muchos derivados deuterados. Ese corpus documental y algunos trabajos teóricos relacionados con su interpretación procuró a la joven UEI-FM un cierto prestigio entre la comunidad internacional de espectroscopistas.

La labor realizada tuvo también reconocimiento local y varios de los doctores obtuvieron plaza de colaborador científico en pocos años (R. Escribano, C. Domingo, D. Bermejo). Gracias a su competitividad y cohesión la UEI-FM pudo disfrutar de niveles aceptables de financiación con cargo al Fondo Nacional para la Investigación Científica, del propio CSIC y de otras fuentes.

Al crecer la UEI-FM también se diversificaron sus líneas de actuación. La primera fue la de espectroscopía láser cuyo laboratorio se comenzó a instalar en 1985 en el edificio del número 123 del campus de la calle Serrano, ante la falta material de espacio en el *Rockefeller*. Este laboratorio se convirtió en pocos años en referencia internacional en técnicas no-lineales de espectroscopía molecular de alta resolución, entre las que destacan la generación de IR por mezcla de frecuencias ópticas, la Raman de pérdida/ganancia, y la de doble resonancia Raman-Raman. De él salieron otras cuatro tesis (las de J. L. Domenech, P. Cancio, A. del Olmo y R. Z. Martínez), más otra en curso (de L. Gómez), y mas de cin-



Montaje experimental.
Espectroscopia Raman en
chorros de gases (imagen de
Fernández, 2007, Laboratorio de
Fluidodinámica, IEM)

cuenta artículos de espectroscopía molecular de alta resolución y reconocida solvencia.

La línea original de espectroscopía teórica y computacional fue evolucionando, primero hacia espectroscopía de alta resolución, con seis nuevas tesis (las de F. Mompeán, M. García, J. Ortigoso, C. Rois, J. Marco y R. G. Mosteo), decantándose posteriormente hacia temas de interés astrofísico y, sobre todo, atmosférico con otras dos más (de D. Fernández e I. K. Ortega), a la par que se creaba otro nuevo laboratorio de espectroscopía IR, también en el edificio del número 123, operativo a partir de 2000 y dedicado a la investigación de moléculas y reacciones heterogéneas de interés atmosférico, así como de aerosoles y hielos estratosféricos y astrofísicos.

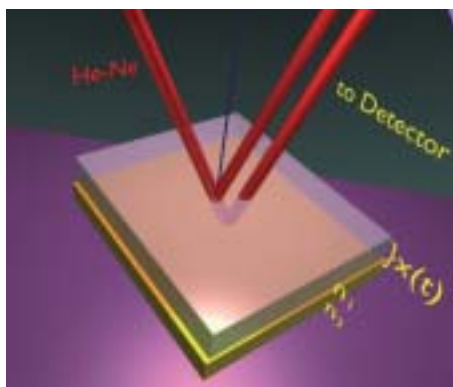
La UEI-FM se enriqueció con dos colaboradores científicos procedentes de la Universidad Complutense (V. Herrero e I. Tanarro) que propiciaron la creación del Laboratorio de Haces Moleculares (1987) en el edificio del número 123, y posteriormente otro de Plasmas Fríos (1998) en el edificio del número 121, este último en el contexto del Centro de Física Miguel A. Catalán (CFMAC), en el que ahora se enmarcaba el IEM. El Laboratorio de Haces Moleculares se dedica a estudios de condensación y relajación molecular, mientras que el de Plasmas Fríos investiga reacciones generadas en descargas eléctricas, con énfasis en problemas atmosféricos y en procesos de interés en la fusión termonuclear por confinamiento magnético. De estos saldrían cuatro nuevos doctores (M. Sanz, L. Abad, T. de los Arcos, M. Castillo) y otra tesis en curso (la de I. Méndez).

La antigua línea de espectroscopía Raman abandonó el Laboratorio 124 del edificio *Rockefeller* en 1992 para convertirse en el Laboratorio de Fluidodinámica Molecular, instalado inicialmente en el edificio del número 123, y trasladado al de Serrano 121 en 1998, su actual emplazamiento. En el se ha desarrollado la espectroscopía Raman en jet supersónico, convirtiéndose en pocos años en un referente mundial, sobre todo por los estudios de criocondensación de hidrógeno y de colisiones moleculares con técnicas originales. De él salieron cuatro tesis doctorales (las de B. Maté, G. Tejada, A. Ramos y G. Avila) y dos están en curso (las de P. Fonfría y J. Hernández).

Varios de los doctorandos de la UEI-FM, que a partir de 1994 pasó a denominarse departamento de Física Molecular (DFM), se incorporaron a su plantilla como colaboradores científicos: J. Santos, J. M. Fernández, J. L. Domenech, J. Ortigoso, B. Maté, G. Tejada, los dos últimos ya con la nueva denominación de científicos titulares, mientras que los más antiguos habían ido ascendiendo a lo largo de los años, a investigadores (S. Montero, R. Escribano, D. Bermejo, C. Domingo, V. Herrero y I. Tanarro), y también a profesores de investigación (S. Montero, D. Bermejo y R. Escribano). En esta ya larga historia, también comenzaron las jubilaciones (J. M. Orza).

El personal del DFM nunca tuvo pereza en salir al extranjero, con los siguientes destinos postdoctorales de sus miembros, procurando formación adicional en centros de excelencia (universidades de Lieja, Munich, Reading, Dortmund/Essen, Dijon, Florencia, Helsinki, Max-Planck-Institute(MPI)-Stuttgart, Max-Planck-Institute(MPI)-Göttingen, National Research Council Canada (NRC[Can]), National Institute of Standards and Technology (NIST[USA]), así como realizando estancias más o menos prolongadas en muchos otros centros.

Desde 1976 el actual DFM ha realizado una importante contribución a la espectroscopía en sus variantes Raman-lineal, Raman-no-lineal, IR por diferencia de frecuencias, e IR convencional, con numerosos desarrollos instrumentales y aplicaciones originales cubriendo diversos aspectos de la física molecular, haces moleculares, plasmas, mecánica de fluidos, física atmosférica, astrofísica, ciencia de materiales y conservación de patrimonio. A esto hay que añadir algunas líneas teóricas entre las que destaca el análisis de espectros moleculares de alta



(Izquierda) experimento de interferencia del haz láser. (Derecha) nuevo espectrómetro Bruker Vertex 70 y cámara de hielos del Laboratorio de Hielos Atmosféricos (IEM)

resolución, la simulación numérica de dinámica de reacciones, la manipulación de moléculas y estados moleculares mediante radiación láser, y aspectos varios de las colisiones y de la condensación en el contexto de la fluidodinámica molecular.

Esta labor se puede resumir en veintiséis tesis doctorales y más de trescientos artículos en revistas internacionales relevantes. Aproximadamente dos tercios de ellos han sido realizados con instrumental, datos e ideas propias, y el resto corresponde a colaboraciones externas en coautoría. Las revistas de mayor frecuencia de publicación han sido *Journal of Chemical Physics*, *Journal of Molecular Spectroscopy*, *Chemical Physics Letters*, *Journal of Physical Chemistry*, *Molecular Physics*, *Journal of Raman Spectroscopy*, y *Physical Review*. Entre las restantes aparecen *Science*, *Astrophysical Journal*, y *Physical Review Letters*. En su conjunto estos trabajos han recibido unas 4.000 citas en revistas, según consta en la base de datos International Scientific Information (ISI)-Thomson, a lo que hay que añadir no menos de 500 citas en libros.

La colaboración internacional del DFM ha sido apreciable, confirmando muchos de sus artículos con investigadores de Francia, Alemania, Estados Unidos, Canadá, Italia, Rusia, Reino Unido y otros países. A esto se debe añadir no menos de cincuenta artículos adicionales cofirmados en estancias postdoctorales en el extranjero.

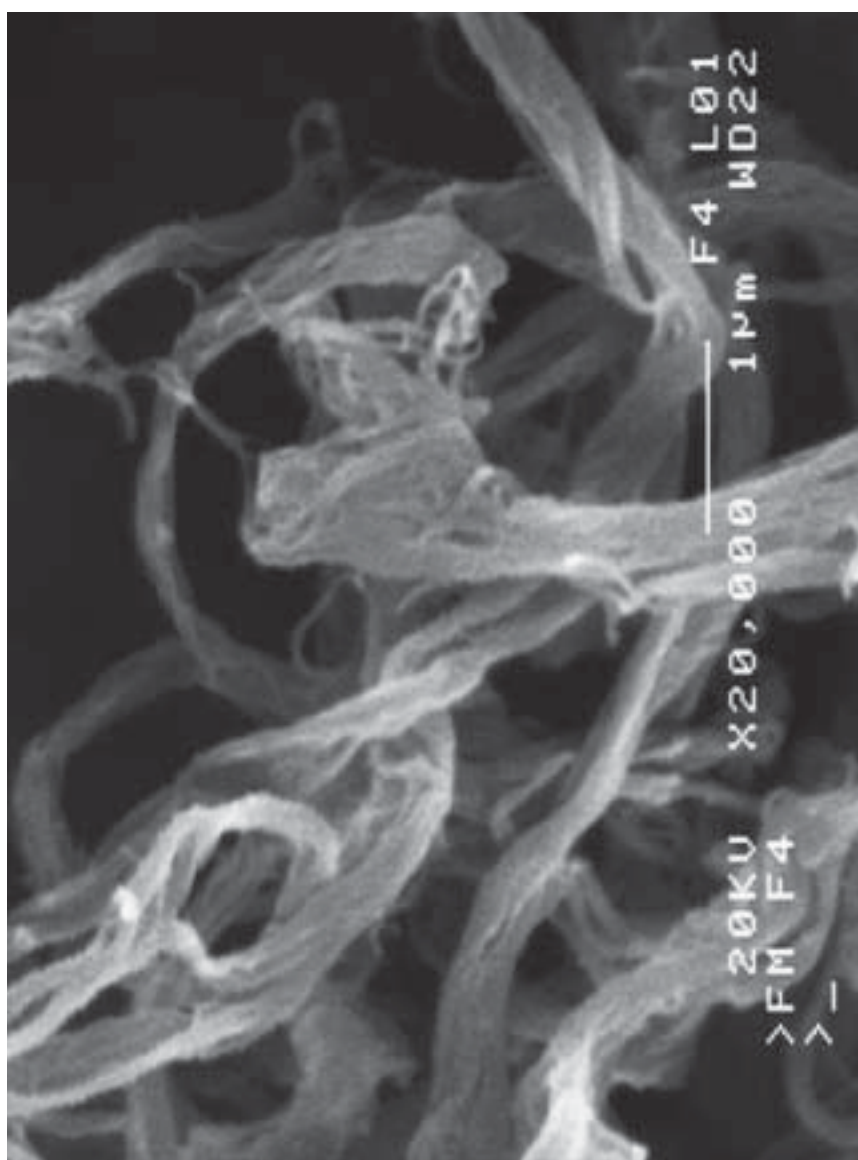
El DFM ha recibido algunos visitantes extranjeros en estancias de sabático o similar (W. F. Murphy, de NRC[Can]; V. Salia, de Budapest-Hungría; C. di Lauro y F. Lattanzi, de Nápoles-Italia; B. Friedrich, de Harvard-Estados Unidos; W. Lafferty, de NIST[USA], B. J. Howard, de Oxford-Reino Unido; P. Jensen, de Wuppertal-Alemania, J. T. Hougen, de NIST[USA]), así como varios postdoctorales (L. Ramonat, de Göttingen-Alemania, A. M. Islyaikin, de Ivanovo-Rusia, T. Dudev, de Sofía-Bulgaria), y varios estudiantes en prácticas de Italia, Polonia, Francia, Alemania, Argentina y Chile.

Desde sus inicios la UEI-FM, luego DFM, ha dedicado una importante atención a la docencia universitaria de tercer grado, impartiendo numerosos cursos de doctorado en las universidades Complutense y Autónoma de Madrid. También ha organizado cinco escuelas de verano (Jaca 1982, 1995, 2001 y 2005, y Teruel 1994) sobre aplicaciones diversas de la espectroscopía molecular, y un curso monográfico sobre tecnología láser (J. M. Orza, Madrid). Los contenidos de estas escuelas y curso han sido editados.

El DFM han organizado tres congresos o *workshops* internacionales (CARS, El Escorial, *chair* D. Bermejo; High Resolution Molecular Spectroscopy (HRMS), Salamanca, *chair* R. Escribano; GCL, Madrid, *chairs* J. M. Orza y C. Domingo), y sus miembros han participado en numerosos congresos internacionales en calidad de conferenciantes, con treinta y dos conferencias plenarias o invitadas, y un número muy superior de presentaciones orales o en carteles.

A lo largo de los años las principales fuentes de financiación han sido el Fondo Nacional para la Investigación Científica, hasta 1986, y desde entonces, el Plan Nacional de I+D, con un total de veinticinco proyectos liderados por miembros del DFM. También ha habido contribuciones significativas del propio CSIC, Comité Conjunto Hispano-Norteamericano, Organización Tratado

Atlántico Norte (OTAN), Comunidad Autónoma de Madrid, fundaciones nacionales (Iberdrola) y extranjeras (Volkswagenwerkstriftung, Creating the Future of Global Information, CRESTEC), así como de programas de la Unión Europea.



(Arriba) logo del congreso HRMS (Salamanca 2005). (Abajo) imagen SEM de un agregado de SWCNT, ponencia de Ezquerro (2006) sobre dispersión de rayos X aplicada al análisis estructural de nanotubos de carbono polímeros y sus nanocomposites, presentada a la Escuela de Verano Jaca 2006 (IEM).

Dos miembros del DFM pertenecen o han pertenecido a comités editoriales de revistas internacionales (S. Montero, desde 1980, al del *Journal of Raman Spectroscopy*, y R. Escribano, entre 1992 y 2005, al del *Vibrational Spectroscopy*), y uno de ellos al consejo científico del LENS (S. Montero, 1997-2000). S. Montero ha sido galardonado con el Premio Nacional de Investigación en Física, Cátedra Miguel Antonio Catalán.

A finales de marzo de 2007 los doce científicos de plantilla del DFM son, por orden de antigüedad, S. Montero, R. Escribano, C. Domingo, D. Bermejo, V. J. Herrero, I. Tanarro, J. Santos, J. M. Fernández, J. Ortigoso, J. L. Domenech, B. Maté y G. Tejeda, a los que hay que añadir tres investigadores contratados en prácticas, A. Ramos (programa I3P), R. Martínez (I3P), y O. Gálvez (programa Juan de la Cierva). Cuentan con el inestimable apoyo de J. M. Castillo y de M. A. Moreno, personal auxiliar también de plantilla, y de A. Velo y J. L. Martínez, bajo contrato I3P. La mayor parte del personal formado en el DFM que no está en su plantilla, ocupa posiciones relevantes en investigación, docencia, industria, y sanidad, unos en España, otros en el extranjero.

En resumen, esto ha sido y es el departamento de Física Molecular del IEM, nacido en el edificio *Rockefeller*, planta baja, pasillo de la derecha.

Maqueta del campus de la JAE del edificio central del CSIC. En primer plano Auditorium y Biblioteca de la Residencia de Estudiantes, cuya parte izquierda ocupa hoy el Centro de Física Miguel A. Catalán, en el que se integra el Instituto de Estructura de la Materia (CSIC)



El Laboratorio de Química Cuántica del edificio *Rockefeller*

María Luisa Senent

Instituto de Estructura de la Materia, CSIC

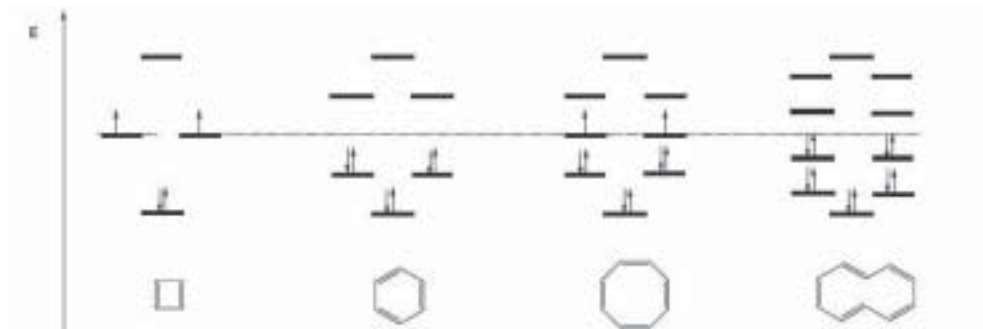
Con motivo del 75 aniversario del edificio *Rockefeller* he querido hacer una ligerísima reseña histórica de la química cuántica desde su inicio, ya que el primer volumen editado con motivo del 50 aniversario recoge muy pocos datos de este tema (*50 años...*, 1982). He considerado que no se puede hablar de la química cuántica en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y de manera especial en el Instituto Rocasolano, sin citar a mi director de tesis doctoral y maestro, Yves Gabriel Smeyers Guillemín, y sin describir el entorno social y científico que hicieron posible el nacimiento de una especialidad nueva. El Laboratorio de Química Cuántica perteneció a dicho centro desde 1968 a 1975, hasta que se creó el Instituto de Estructura de la Materia (IEM). Previamente, existieron los laboratorios asociados al Rocasolano en las universidades de Valladolid y Valencia, que estaban dirigidos por Salvador Senent y José Ignacio Fernández Alonso, introductores de la química cuántica en España.

Cuando conocí a Yves G. Smeyers en 1989. El edificio *Rockefeller* albergaba los institutos Rocasolano y de Catálisis y a una parte del Instituto de Estructura de la Materia. Smeyers estuvo allí hasta 1991. Ocupaba un despacho del segundo piso o, mejor dicho, tenía reservado un trozo del pasillo derecho de esa planta, que más adecuadamente hubiera sido catalogar como salida de incendios. Una parte del grupo de Química Cuántica ocupábamos una sala contigua, llena de listados de impresora y fichas taladradas típicas de las primeras generaciones de ordenadores. El resto del grupo se había ido desplazando progresivamente hacia el número 123, claustro de la iglesia del Espíritu Santo. Mi primer trabajo en el CSIC consistió en reformar unos programas diseñados en Fortran V para el estudio vibracional de moléculas no-rígidas, que se llamaban Rocky X ($X = 1, 2, \dots$), rememorando el período de tiempo 1968-1975, en el que el grupo había pertenecido al Rocasolano. El inicio de las siglas, Roc, se refería al nombre del instituto; con la letra k se había clasificado durante un tiempo a la unidad de Química Cuántica; la y era la inicial de Yves Gabriel Smeyers.

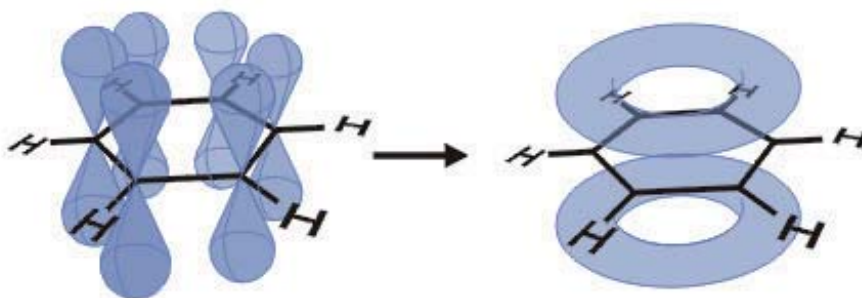
La química cuántica en España se había iniciado unos veinte años antes, a finales de los cuarenta coincidiendo con una etapa de gran desarrollo de la especialidad a nivel internacional. Como consecuencia de este desarrollo, varios investigadores no teóricos empujan a algunos de sus estudiantes a formarse en laboratorios extranjeros de prestigio con el fin de abrir nuevas vías de trabajo en España. De esta manera se inicia la química cuántica en España, gracias a investigadores muy jóvenes, porque en aquel momento mi padre, Salvador Senent, y José I. Fernández Alonso eran muy jóvenes, con unos medios muy precarios y una situación social y económica desfavorable. Senent, a instancias de Octavio Foz, se forma en las universidades de Gotingen (con Arnolds Eucken) y en Oxford con (Charles Coulson), y Fernández Alonso, con Linus C. Pauling. Poco tiempo después de sus regresos, se crean las secciones del Instituto Antonio de Gregorio Rocasolano en las universidades de Valladolid y Valencia, que dirigen ellos dos, respectivamente y en las que se continúan las investigaciones iniciadas en el extranjero. A finales de los cincuenta estas secciones dejaron de pertenecer a dicho instituto y empezaron a recibir ayuda del CSIC a través del Patronato Alfonso X El Sabio.

Resumiendo un poco cuál era el entorno internacional, se puede decir que el nombre de química cuántica que se aplica el departamento que luego se llamó de Química Teórica, aparece por vez primera en la obra de Henrt Eyring, John Walter y George E. Kimball en 1944. La especialidad nace hacia 1927 (Senent, 1975), a partir de los trabajos de Max Born-J. Robert Oppenheimer, Walter Heitler y Fritz London, John C. Slater, Linus C. Pauling, Robert S. Mulliken y John Lennard-Jones que intentan dar una explicación cuantitativa y cualitativa al problema del enlace, con lo surgen las teorías básicas del enlace de valencia y de orbitales moleculares. Los estudios de los primeros sistemas aromáticos pi-conjugados realizados por Erich Hückel y los citados Lennard-Jones, Slater y Pauling se inscriben en los años treinta, mientras que en Inglaterra, la década de los cuarenta supone un gran avance en el estudio de los sistemas pi-conjugados, perpetrado por los grupos de Lennard-Jones, Coulson y Christopher Longuet-Higgins quienes sistematizan a aplicación del método de orbitales moleculares consagrando

lo que se llamará la aproximación Hückel. Precisamente son Coulson y Pauling los maestros de Senent y Fernández Alonso.



(Arriba) aromaticidad: propiedad de los hidrocarburos cíclicos conjugados. Los electrones de los enlaces dobles, libres de circular alrededor de uno a otro, confieren mayor estabilidad a la molécula que si permanecen fijos en el enlace doble. (Abajo) orbitales del benceno: el enlace doble se compone de dos electrones situados en orbitales atómicos.



Contemporáneo a Hückel, en las escuelas de Paris surge el llamado método de mesonería en las escuelas de Raymond Daudel y Alberte Pullman, mientras que en Chicago Mulliken aborda el estudio del método de Hartree-Fock y propone diversas aproximaciones y el cálculo de las integrales moleculares. Su nueva metodología es sistematizada por Clemens J. C. Roothan. Sus discípulos Rudolph Pariser y Robert G. Parr (1953) proponen el primer método semi-empírico cuya sistematización fue mejorada por John A. Pople y revisada por Gaston Berthier. A principios de sesenta, surgen los computadores electrónicos que favorecen un gran desarrollo de la química cuántica que evoluciona hacia el cálculo *ab initio*. Smeyers se forma con los grupos franceses, cerca de Raymond Daudel y Roger Lefevre, y es quien en España, introduce la computación para la investigación química.

A través del grupo de Valladolid, conocí Yves Smeyers en 1989. Los dos laboratorios habían colaborado en la organización de los congresos de Químicos Teóricos de Expresión Latina (QUITEL), que aún se celebran, aunque sus orígenes son independientes pero relacionados. Smeyers realizó su tesis doctoral en la sección de Termodinámica Química bajo la dirección de un termodinámico, el profesor Andrés Pérez Masía y la defendió en 1962 ante un tribunal en el que

estaban Salvador Senent y Jesús Morcillo, bajo el título de *Estructura electrónica de la molécula de tetrafloruro de carbono*.

Esta tesis representa el primer germen de lo que pocos años después sería el Laboratorio de Química Cuántica del Rocasolano, que quedaría adscrito al departamento de Termodinámica. Acabada la tesis, Smeyers consiguió un contrato post-doctoral en el Centro de Mecánica Aplicada de París, para trabajar con Daudel y Lefevre. En París, además de investigar, ejerció como profesor de Química Teórica en la Sorbona. A su regreso en 1964 con la formación recibida, se reincorporó al CSIC. En 1966 consiguió su plaza de ayudante científico, y en 1968 se convirtió en el director del recién creado Laboratorio de Química Cuántica del Instituto Rocasolano.

El laboratorio de Química Cuántica del Instituto Rocasolano (1968-1975)

El tiempo que el departamento de Química Cuántica se localizó en el Instituto Rocasolano fue científicamente fructífero. Se iniciaron las dos líneas de investigación fundamentales del grupo: el estudio del método de Hartree-Fock semi-proyectado (HPHF), un nuevo modelo propuesto por Smeyers para introducir de forma muy simple efectos de correlación en las funciones de onda electrónicas, y los estudios vibracionales y de simetría de moléculas no-rígidas a partir de métodos *ab initio*. En ese mismo período dirigió las tesis doctorales de una serie de discípulos como Gerardo Delgado Barrio (1973), actualmente director del Instituto de Matemáticas y Física Fundamental del CSIC; Alfonso Hernández Laguna (1974), investigador científico de la Estación Experimental del Zaidín, en Granada, y los profesores universitarios Lorenzo Doreste Suárez (1971), actualmente catedrático de la Universidad de Las Palmas; Luis Siero del Nido (1971), catedrático de la Universidad Autónoma de Madrid, y Manuel Fernández Núñez (1974), catedrático de la Universidad de Cádiz.

Durante el período del Rocasolano, Smeyers publicó veintitrés artículos en revistas científicas y dirigió trabajos de licenciatura de seis estudiantes, Pedro-Lucio (1967), Pinto Suárez (1967), Castiñeira Ionescu (1969), Martin Pilz (1969), Galera Gómez (1973) y Andrés Martínez (1974), que más adelante intentarían conseguir su grado de doctor. A pesar de la falta de medios de investigación y especialmente de cálculo propios de la época, ya aparecen varias publicaciones en revistas internacionales: *Teorética Chica Acta* de Berlín (1973), *Internacional Journal of Quantum Chemistry* (1973), *Journal Molecular Structure* (1975) y *Journal of Chemical Physics* (1975).

De su estancia postdoctoral en Francia, procede también la relación que mantuvo con los promotores de los congresos de Químicos Teóricos de Expresión Latina (QUITEL) y con los suscriptores de la revista *Folia Chimica Teorética Latina (Folia)* que se empezó a editar en el Instituto Rocasolano. Se intentaba reforzar la posición de los químicos teóricos de expresión latina respecto de la de los científicos anglosajones, que estaban a la vanguardia. El primer ejemplar

de la *Folia* se editó en 1973, con participación fundamentalmente de franceses, italianos y españoles, aunque progresivamente se van incorporando los países latinoamericanos y del Magreb. Precisamente en el primer volumen de la revista se anuncia ya la celebración del congreso en México, que tendría lugar en 1974 en la ciudad de Morelia. Estos congresos en lenguas latinas se convirtieron en una vía de apertura internacional para los españoles. Posteriormente, permitieron difundir la química cuántica en Iberoamérica y el Magreb facilitando que estudiantes de aquellos países pudieran realizar sus tesis doctorales en España. En 1978, recibe Smeyers la medalla de Física de la Real Sociedad Española de Física y Química por su trabajo en química cuántica.

Logo del XXXIII Congreso de QUITEL, celebrado en La Habana en 2007 (QUITEL)



Además el departamento mantuvo siempre relaciones internacionales con grupos no latinos. Por este motivo Smeyers perteneció a comités editoriales de revistas internacionales como *Molecular Engineering*, *Journal of Molecular Structure (Teochem)*, o *Internacional Journal of Quantum Chemistry*. Era miembro corresponsal de la Academia Europea de Ciencias, Artes y Humanidades de París y colaboró siempre con la organización del Simposio de Sanibel (Florida).

El Laboratorio de Química Cuántica desde 1975

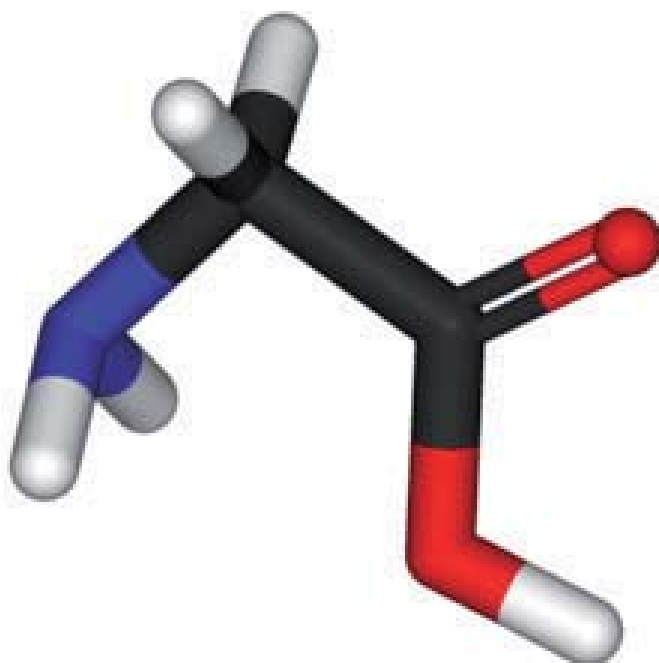
En 1975 el grupo de Química Cuántica participa activamente en la creación del Instituto de Estructura de la Materia del CSIC, del que se convierte en una unidad estructural. El grupo se va desplazando progresivamente desde el edificio *Rockefeller* hacia el número 123 de la calle Serrano. Se inician nuevas líneas de investigación, aunque se continúa trabajando en las anteriores que son claramente recompensadas. En 1974 Smeyers recibe la Cruz de Alfonso X El Sabio por sus investigaciones en el método Hartree-Fock semi-proyectado (HPHF). En 1987, el premio de la Real Sociedad Española de Ciencias Matemáticas, Físicas y Naturales por su trabajo «Introducción a la teoría de grupos de moléculas no-rígidas. El grupo local» (Smeyers, 1989 y 1990).

Después de sus estancias posdoctorales y de algún servicio prestado en otras instituciones, dos de los primeros doctores del grupo, Delgado Barrio y

Hernández Laguna, se incorporan al departamento. El profesor Delgado Barrio obtiene plaza de colaborador científico por oposición en 1979, desarrollando su propia línea de investigación en teoría de colisiones atómicas y superficies de Johannes D. van der Waals, cuyo objetivo era el estudio de fenómenos asociados a colisiones entre átomos y/o moléculas. Se inicia una tercera vía, en el campo de la farmacología, dirigida por Smeyers y Hernández Laguna, que se centran fundamentalmente en el estudio de la histamina y derivados antagonistas de los receptores H₂ de la histamina, antibióticos beta-lactámicos y agentes antiinflamatorios. En dinámica intramolecular de moléculas no-rígidas, se desarrollan métodos para la determinación eficaz de superficies de potencial y los ya citados programas Rocky para la determinación de estructura de bandas en el infrarrojo lejano. Como he sido yo la continuadora de dicha investigación, aprovecho para comentar que en la actualidad (2007) seguimos trabajando en este campo con una proyección hacia el estudio del medio interestelar.

Durante los últimos años, ya formando parte del Instituto de Estructura de la Materia, en que se continuó en el edificio *Rockefeller*, se defendieron las tesis doctorales de Ángel M. Bruceña Sánchez (1978), Manuel N. Bellido Pérez (1983), Santiago Cuellar Rodríguez (1983), Francisco J. Romero Sánchez (1984), Jesús M. Martín González (1987), M. Camelia Muñoz Caro (1988), Alfonso Niño Ramos (1988), Josefina Aguilera Puente (1989), y María L. Senent (1992), ya que es mi trabajo sobre la acetona el que cierra la lista de doctores cuyas tesis se realizaron en el edificio *Rockefeller*. Después de este período hay siete tesis más dirigidas por Smeyers realizadas en el edificio del número 123.

Durante el citado período Delgado Barrio dirige las tesis doctorales de Pablo Villareal Herrán (1980), profesor de investigación del CSIC; María Pilar Mareca

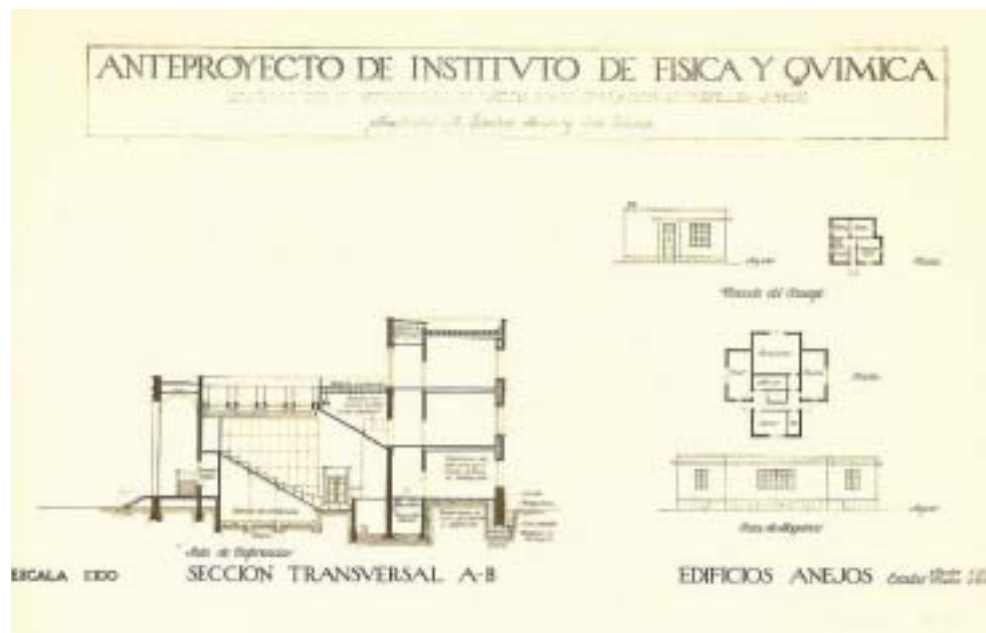


Molécula de glicina, cuyo interés en astroquímica analiza Senent (2004)

López (1983), profesora de la Universidad Politécnica de Madrid; Salvador Miret Artés (1984), profesor de investigación del CSIC; Andrés Varade Fernández (1985), profesor de la Universidad Politécnica de Madrid. Smeyers dirige ocho trabajos de Licenciatura en el edificio *Rockefeller* (Sánchez Fernández, Mareca López, Romero Sánchez, Huertas Cabrera, Gómez Vivar, Niño Ramos, Muñoz Caro y Montilla Illera). El grupo dirigido por el profesor Delgado Barrio crea su propio departamento en 1987 que lleva el nombre de Física Atómica y Molecular en la actualidad, integrado en el Instituto de Matemáticas y Física Fundamental (IMAFF).

Hay tres grupos de investigación en el CSIC derivados del antiguo Laboratorio de Química Cuántica: el actual departamento de Física Molecular y Atómica del IMAFF, iniciado por Delgado Barrio; el grupo teórico integrado en el departamento de Geoquímica Experimental y Computacional de la Estación Experimental del Zaidín, iniciado por Hernández Laguna, y mi grupo de Química Teórica Aplicada a la Astrofísica del departamento de Astrofísica Molecular e Infrarroja del Instituto de Estructura de la Materia.

Sección transversal y edificios anexos del edificio *Rockefeller* (IQFR)



Física teórica

Alfredo Tiemblo

*Instituto de Matemáticas y
Física Fundamental, CSIC*

La ocasión que nos ocupa hace inevitable una mención, aunque sea breve, de esa llamada pequeña historia que tantas veces no lo es tanto. Un teorema, nunca desmentido, establece lo que está por hacer suele ser más difícil que lo que ya está hecho o, en términos más coloquiales, que empezar nunca es fácil. No obstante conviene no ignorar que a todos los orígenes siempre acompaña un cierto aire romántico, al menos en el recuerdo, premio pues, aunque tardío, que reciben todas las iniciativas que añadieron algo donde o no había o había poco.

Al edificio *Rockefeller* hay que adjudicarle pues, sin duda, el valor indiscutible de un punto de partida que se sitúa en la historia de verdad, que como todos deberíamos saber es siempre la que queda por hacer, ya que, puesto que lo hecho está, el único compromiso auténtico es el que se establece con el futuro.

Esta vocación inicial de germen u origen se ha manifestado en el caso del edificio *Rockefeller* con una ejemplar continuidad a lo largo del tiempo. A mi

sólo me cumple incorporarme al relato de lo que ocurrió en las décadas de los años setenta, ochenta, noventa y aun incluso un poco antes.

Aunque no es mi intención incurrir en la cita reiterada hay algunas que no quiero omitir y que para no agraviar la realidad de los hechos caerán por su peso al hilo del discurso. Se vive en ese período lo que, con frase algo hecha, se podría llamar la edad de oro de la física de altas energías. Instalaciones experimentales de envergadura internacional, como por ejemplo el Centro Europeo de Investigación Nuclear (CERN), tan conectado a la Física de nuestro país en este campo, suponen además de una cierta fascinación que va más allá de los límites de la comunidad científica, el hallazgo de un repertorio de información de tal magnitud que los esfuerzos teóricos tienen que abordar una etapa previa en la que se hace preciso poner orden y caracterizar las nuevas estructuras sub-nucleares que se ponen de manifiesto.

El instrumento conceptual que ha permitido ampliar, al tiempo que unificar, nuestra visión de las estructuras primordiales del universo ha sido, sin duda alguna, el establecimiento de los principios de simetría; de modo tal que, sin demasiada exageración, se puede afirmar que la física teórica se ha transformado en una reflexión sobre el propio concepto de simetría y sus mecanismos de ruptura. Se pone así en evidencia un sesgo que, a mi juicio, va, hoy en día, más allá de cualquier ámbito específico de aplicación para transformarse en un elemento central de la cultura. Se trata además de una construcción intelectual que comparten tanto la propia naturaleza como la estructura de la misma mente humana.

El desarrollo, en términos abstractos, de estas ideas encuentra en la teoría de grupos una expresión matemática que ha venido a ser, como ya apuntábamos, el soporte casi arquitectónico de nuestra concepción actual del universo. Éste es el marco en el que una figura singular jugó a este respecto un papel decisivo que no se puede dejar de mencionar. Me refiero al profesor don Ángel Esteve que predicó, si se me permite el término, la teoría de grupos en nuestra institución. Yo mismo, entre otros, fui de los conversos. En el terreno de la materia condensada, que en el mismo período también transitaba por un momento áureo, este papel correspondió a otra personalidad relevante que tampoco conviene omitir, aludo en este caso al profesor don Federico García Moliner, que comparte con el anterior la muy notable condición de pionero.

Desaparecido Esteve triste y prematuramente, el camino iniciado, que me tocó seguir muy de cerca, continúa por sí mismo y aquí nuevamente el edificio *Rockefeller* ejerce como semilla de nuevas iniciativas que, además, suponen la incorporación de la institución a los nuevos rumbos que va a tomar la física teórica. Primero fue el Instituto de Estructura de la Materia, mas tarde el de Matemáticas y Física Fundamental, en el que el departamento de Física Atómica y Molecular Teórica da cima al esfuerzo inicial de otro pionero el profesor don Ivon G. Smeyers, que también desde el edificio *Rockefeller* patrocinó los estudios en este campo de la física teórica. Otras iniciativas, algunas de las cuales han adquirido ya carácter institucional, se han ido desarrollando en el tiempo para construir una realidad nada desdeñable en ese campo, desde las partículas y los núcleos, hasta la gravitación y la cosmología, pasando por la investigación fundamental de las estructuras atómico-moleculares.



García Moliner en una conferencia
(«Federico García Moliner...»,
2008. imagen de Burrianadigital)

Mirando atrás, cosa que todavía me resisto a hacer, cabe ciertamente sentir una cierta satisfacción al tiempo que el reconocimiento hacia quienes han tenido la claridad de juicio suficiente para entender que, aunque el camino del desarrollo de nuevas iniciativas es siempre problemático, el compromiso con el futuro, al que ya me he referido, es la propia génesis de la pequeña historia que nos toca hacer. Es en este orden de ideas en el que un último nombre me parece necesario incluir, el del profesor don Eduardo Primo Yúfera, de cuyo período presidencial en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, fecundo en la creación de nuevos institutos y estructuras, arranca el proceso que ha llevado al CSIC a su realidad actual. Supo identificar la oportunidad que suponía, en su momento, la existencia de grupos dinámicos y activos que se veían, como en la física de los gases, en el penoso trance de crecer contra la presión de las paredes. Como testigo también muy próximo de este período, del que se podría escribir todo un libro rico en anécdotas, me parece de justicia traerlo a una memoria extremadamente positiva de la que, con seguridad, siempre habrá algo que rescatar.

España cuenta en la actualidad con una escuela excelente en física fundamental en la que, además, se apuntan nuevas tendencias emergentes a las que habrá que dedicar toda la atención que merecen. Están probablemente en la mente de todos y por tanto no me parece necesario traerlas aquí usando del pormenor que siempre tiene el riesgo de la omisión involuntaria. Conviene, en cambio, señalar que si bien es verdad que la ciencia siempre ha sido multidisciplinar, porque los problemas reales lo son, se da en el momento actual una circunstancia que si creo tiene una cierta novedad. No se trata tanto de reconocer el hecho

de que los problemas reales, por su propia naturaleza, sólo se pueden abordar desde una perspectiva interdisciplinar, como de señalar que los tiempos que vivimos están acreditando que los desarrollos más prometedores están en las interfases entre las diferentes disciplinas. Titula José Ortega y Gasset (1923) un ensayo muy conocido como *El tema de nuestro tiempo*, si hubiera que colgarle un ejemplo en la Física de hoy sería sin duda el programa de conciliar relatividad general; es decir física clásica, en definitiva, con física cuántica. Se trata probablemente de la mayor empresa intelectual que nunca se haya planteado el hombre. Un problema al que pueden apuntarse ideas más o menos brillantes que no deben ocultar que no está claro ni siquiera su propio planteamiento.

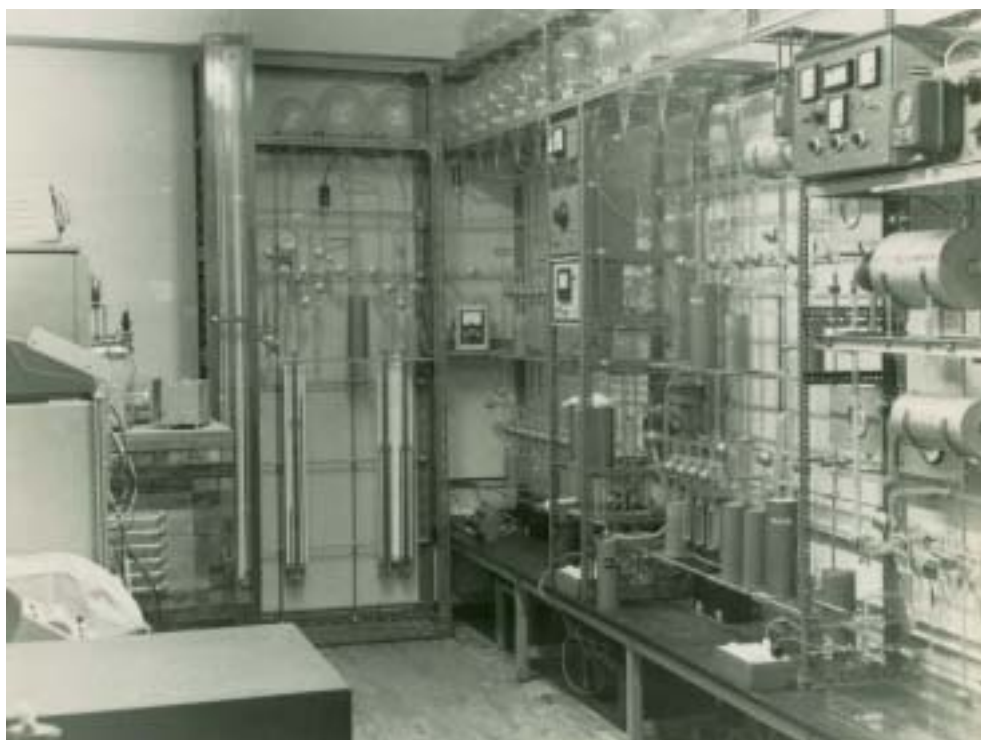


Página inicial del libro de firmas el Instituto Nacional de Física y Química, Rockefeller. Además del ministro De los Ríos, estamparon su firma el director, algunos de sus investigadores (Cabrera, Moles, Catalán, Palacios, Madinaveitia, Guzmán, Casares Gil) y varios extranjeros invitados, Weiss, Lechner, Sommerfeld, este último uno de los padres de la física cuántica, a cuyo desarrollo contribuyó Catalán con el descubrimiento de los multipletes (IQFR)

En efecto, la cuestión a dilucidar, es la de saber si el camino correcto es el de partiendo desde la física clásica encontrar el vínculo que la une con el mundo cuántico, o mas bien aceptando que la teoría de base es de tipo cuántico entender como se genera el mundo legislado y determinista de la física clásica, yo siempre he creído que esto último. Es además un excelente ejemplo de ese carácter interdisciplinar que va requerir conocer muy a fondo la naturaleza y posibilidades de la física cuántica, el desarrollo, por ejemplo, de las investigaciones en información cuántica constituye un caso claro de esas disciplinas emergentes a las que hay que dedicar una atención muy especial.

El CSIC, como institución interdisciplinar por vocación y estructura, es un lugar privilegiado para patrocinar iniciativas en este terreno. Esto y no otra cosa es lo que en su día hizo el edificio *Rockefeller*, que por ello adquiere el valor de un testimonio en la dirección correcta, y le cumple bien como lema cierta frase hecha que he usado tantas veces que he llegado a hacerla mía: hágase algo aunque esté bien.

Laboratorio de Geocronología
c 1970 (IQFR)



El Laboratorio de Geocronología del Instituto Rocasolano

Antonio Rubinos

Instituto de Química-Física, CSIC

En 1960, con la concesión del premio Nóbel de Química a Willard Frank Libby por el desarrollo del método de datación por carbono-14, surge el interés por crear en España un laboratorio que pudiera proporcionar este servicio a la comunidad arqueológica, que hasta entonces había tenido que enviar fuera del país las muestras para su datación. Gracias a una beca de la Fundación Ramsay, Fernán Alonso, becario en la sección de Radioquímica del Instituto Rocasolano entre 1959 y 1961, donde había realizado su tesis doctoral, realiza una estancia de investigación en el Radiocarbon Dating Laboratory de la Universidad de Cambridge, especializándose en la técnica de datación por carbono-14, y estudia la concentración de este isótopo en la baja estratosfera bajo la dirección de uno de los precursores de este método, el doctor E. H. Willis.

En 1963 el doctor Alonso realiza una serie de viajes para conocer distintos laboratorios que trabajaban en la datación por carbono-14, visitando Berna, Heidelberg, Groningen y el Museo Británico, en Londres. Allí aprende los procedi-

mientos de tratamiento químico de las muestras arqueológicas en función del material de partida, estudia las distintas líneas de vacío empleadas en función del gas final sobre el que se realiza la medida, y conoce las rutinas de trabajo de cada laboratorio.

A partir de 1966, gracias a la concesión de una ayuda por la Fundación Juan March, el Laboratorio de Geocronología comienza a tomar forma. Para ello se habilitaron en el sótano del edificio *Rockefeller* dos dependencias. En la primera se montó todo el instrumental necesario para la purificación química de las muestras, mientras que en la segunda se instaló la línea de combustión, vacío y medida de la radiactividad del isótopo. La elección del sótano no era trivial; la determinación del contenido de carbono-14 se realizaba mediante el empleo de un contador proporcional. Para reducir la incidencia de la radiación cósmica sobre el contador se requería un lugar lo más protegido posible. Además el contador iba inmerso en una construcción de hierro y plomo que hacía las veces de protección, cuyo peso rondaba los 6.500 kg, por lo que no era posible ubicar el laboratorio en otro lugar del edificio y fue necesario dotar a parte del suelo con una plataforma de hormigón de un metro de profundidad, donde se ubicó la protección y el contador proporcional. Resulta ahora anecdótico recordar que la protección se construyó empleando barras de hierro procedentes de antiguos raíles de ferrocarril, que fueron lijadas a mano, una a una, con el consiguiente esfuerzo del doctor Alonso y de José Mateos, auxiliar técnico, gran trabajador en la sombra y escudero de Fernán, con quien continuará en el laboratorio hasta su jubilación en el año 2000.



Gamboa, en el centro, en una conferencia (IQFR)

Todos estos esfuerzos se verá recompensados con la publicación en 1968 de la memoria final titulada *Investigaciones radioquímicas de geocronología con carbono-14*, de la que el doctor Alonso comparte autoría con el jefe del departamento, profesor Gamboa, y con Mateos. El Laboratorio de Geocronología, nombre con el que fue bautizada la instalación, quedó encuadrado en el departamento de Radioisótopos del Instituto Rocasolano.

En 1972, el Laboratorio había medido unas 120 muestras, como se indica en la memoria *Determinación de edades por el método del carbono-14*. Estas fechas supusieron la primera prueba de fuego para el laboratorio, que tuvo que soportar recelos y dudas ante aquellos valores que no se correspondían con la cronología oficial. Como el propio Alonso (1993: 3-4) señalaba hace algunos años en *Argrítica*:

«Cuando en 1971 obtuve varias fechas de carbono-14 en muestras de cereal de la Cueva de los Murciélagos (Córdoba), en asociación con cerámica a la almagra, las dataciones de alrededor del 4000 a. C. sorprendieron por ser casi 1.000 años más antiguas de lo que parecía aceptar la cronología arqueológica del momento. Afortunadamente, otras muestras fueron enviadas [...] al laboratorio de Groningen, cuyas dataciones coincidieron con las anteriores, con lo cual la discusión sobre posibles errores experimentales, contaminaciones u otras pintorescas interpretaciones quedó zanjada.

Durante los años setenta, el Laboratorio de Geocronología se fue creando una merecida fama de rigor y pulcritud de resultados. A finales de esa década, se habían realizado alrededor de 400 dataciones para unos 50 centros públicos y empresas privadas, 55 de las cuales fueron hechas a diversas universidades y museos arqueológicos de Argentina, República Dominicana y Ecuador. En España, se dataron yacimientos de gran importancia como la cueva de Tito Bustillo (Asturias), Son Matge (Mallorca) o el depósito de armas de la edad del Bronce final de la ría de Huelva.

A pesar de ello, existía un problema crónico de financiación que puso en duda la viabilidad del laboratorio a mediados de la década. Esta crítica situación fue finalmente solventada en 1978 mediante la acción de la Subdirección General de Arqueología, dependiente del Ministerio de Cultura, subvencionado parte de los gastos y contribuyendo al montaje de una segunda instalación.

Gracias a esta subvención, a principio de los ochenta se decide acometer un nuevo proyecto, diseñando y poniendo en funcionamiento una línea de síntesis de benceno a partir del carbono procedente de las muestras arqueológicas. Una vez sintetizado el benceno, el carbono-14 se detectaba mediante un espectrómetro de centelleo líquido. De este modo, se reunían en el Laboratorio de Geocronología las dos técnicas convencionales de datación por carbono-14, tanto en fase gaseosa como en fase líquida. Los primeros resultados con el nuevo sistema se obtuvieron a mediados de esta década, de modo que a finales del decenio el Laboratorio había obtenido alrededor de 900 dataciones.

En este periodo se realizan fructíferas colaboraciones con el grupo de Arqueología de la Universidad de Buenos Aires, datándose una serie de yacimientos de la zona del río Pinturas, entre ellos la famosa Cueva de las Manos, patrimonio cultural de la Humanidad, donde se determina que el grupo huma-

no que realizó las pinturas pertenecía a la cultura Tehuelche hace unos 10.000 años. Esta colaboración se mantuvo a lo largo del tiempo, de modo que el año 2000 se publicó un estudio sobre la cronología de las ocupaciones humanas de la provincia de Santa Cruz en los últimos 12.000 años.

Hay que destacar también que en esta década el personal del Laboratorio de Geocronología ayudó en la puesta en funcionamiento de otros laboratorios de datación por carbono-14, como son los instalados en la Universidad de Barcelona, en Lisboa y en el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) de Madrid.

Desde mediados de los años ochenta se comenzó una fructífera relación con arqueólogos portugueses, fundamentalmente de las universidades de Oporto y Minho. Gracias a ella, se contribuyó al estudio y datación de yacimientos tan emblemáticos como Castelo Velho, Fraga do Crasto, Castanheiro do Vento, Meninas do Crasto, etcétera. Hasta el momento (mayo 2007) se han realizado más de 250 dataciones de muestras procedentes de ese país. De igual modo, desde 1987 se ha mantenido con regularidad un convenio de actuación con la Xunta de Galicia, gracias al cual se han realizado más de 150 fechas de yacimientos arqueológicos de esa comunidad.

En los últimos diez años, el Laboratorio de Geocronología ha participado junto al Instituto e Historia del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) en un proyecto de datación de maderas constructivas de edificios altomedievales. La idea principal era determinar cuándo habían sido construidos ciertos edificios (fundamentalmente iglesias), cuyo modelo arquitectónico no permite diferenciar entre el periodo visigodo o el de reconquista. Gracias a este proyecto se han realizado 42 dataciones de once edificios diferentes.

En el año 2001 se instaló un nuevo contador de centelleo, modelo Quantulus de la marca Perkin Elmer, con el que se consiguió reducir el volumen de benceno necesario para la datación. Hasta entonces, era necesario obtener entre 3 y 7



Planta del sótano del edificio Rockefeller, donde se ubica el Laboratorio de Geocronología (IQFR)

ml para realizar el análisis. Con el nuevo equipo, es posible realizar medidas con sólo 1 ml, e incluso pueden medirse cantidades inferiores.

En el año 2002 el doctor Fernán Alonso se jubiló, dejando la dirección del Laboratorio de Geocronología a Antonio Rubinos, que llevaba trabajando con él desde el año 1992.

En la actualidad, el Laboratorio de Geocronología del Instituto de Química Física del Consejo Superior de Investigaciones Científicas tiene dos proyectos en preparación. El primero consiste en instalar una línea de obtención de grafito para realizar la datación de muestras empleando la técnica AMS (*accelerator mass spectrometry*), gracias al acelerador instalado en el Centro Nacional de Aceleradores de Sevilla. En el laboratorio se realizará el tratamiento químico de la muestra y posterior transformación en grafito. Esta técnica permite reducir unas 1.000 veces la cantidad necesaria de muestra para hacer una datación. Con esta instalación, se pretende suprimir la dependencia de los laboratorios extranjeros que tienen los científicos españoles cuando quieren realizar dataciones sobre materiales escasos o de gran valor. En segundo lugar, se está preparando una base de datos que se podrá consultar *no-líen* todas las dataciones realizadas en el laboratorio desde sus comienzos. Esta base de datos permitirá realizar búsquedas por provincias, períodos culturales, materiales, etcétera.

Resumen de actividad del Laboratorio de Geocronología a 31 de mayo de 2007

Número de dataciones realizadas: 2100

Número de instituciones que han recibido dataciones: 140, de las cuales 13 son centros del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 222 museos nacionales, 39 departamentos de universidades nacionales. 26 son extranjeras y 40 empresas o particulares.



Yacimiento de Chao de Sanmartín,
en Grandas de Salime, Asturias



Iglesia prerrománica de San Pedro de la Nave, en Zamora, donde el Laboratorio de Geocronología del IQFR ha realizado dataciones de carbono 14 (colección Antonio Rubinos)

Listado de países en los que se ha realizado alguna datación: España, Portugal, Italia, Rusia, Argentina, Brasil, Ecuador, Colombia, Perú, República Dominicana, Guatemala, México, Jamaica, Guinea Ecuatorial, China y Vietnam.

75 años de investigación en el edificio Rockefeller.

*Ciclo de conferencias
“Entre la Física, la Química
y la Biología”*

Con la colaboración de:



Salón de actos del *Rockefeller*,
1932 (IQFR)



75 años del *Rockefeller*. Palabras del director¹

Enrique Lomba

Director del Instituto de Química Física, CSIC

La andadura de las actividades que conmemoran los 75 años del edificio *Rockefeller* dio comienzo el seis de febrero del año 2007 con la celebración en el salón de actos del Instituto de Química Física Rocasolano (IQFR) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) de ese aniversario. Con tales ac-

¹ Este artículo reproduce las palabras pronunciadas por Enrique Lomba, director del IQFR, el día 18 de octubre de 2007 en el salón de actos del edificio central del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (calle Serrano, número 117, de Madrid). Acompañado de Carlos Martínez Alonso, presidente del CSIC, y de Monserrat Torné, directora general de Investigación del Ministerio de Educación y Ciencia, Lomba presentó los actos conmemorativos del 75 aniversario de la inauguración del edificio *Rockefeller*, sede del IQFR: la exposición (y su catálogo, *75 años de investigación...*, 2007), inaugurada también ese día, y unas conferencias que cerraron un ciclo organizado a lo largo de 2007 (nota de los editores).

tos hemos pretendido, en primer lugar, dar a conocer la importancia que en su momento tuvo para la comunidad científica en particular y para el país en general, disponer finalmente de un centro de investigación moderno en el que pudiesen llevar a cabo su labor los primeros grupos de investigación españoles en Química y Física que por fin despuntaban a nivel internacional. Hemos visto, asimismo, cómo el diseño arquitectónico orientado hacia esa función, resultado de una colaboración ejemplar entre arquitectos, ingenieros y científicos, tuvo como fruto unas instalaciones, no sólo únicas en su momento, sino que han demostrado una envidiable adaptabilidad a las condiciones cambiantes de la investigación a lo largo de más de siete decenios.

Por otra parte ha sido nuestra intención a la hora de preparar el programa de actos que las conferencias reflejasen, de un lado, las distintas condiciones sociales, políticas y económicas en las que tuvo que desenvolverse, y que obviamente condicionaron, la actividad científica en el edificio *Rockefeller* durante los últimos 75 años, resaltando el papel que, primero el Instituto Nacional de Física y Química de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE), y después los distintos institutos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), en particular el Instituto de Química Física Rocasolano (IQFR), jugaron como vivero de múltiples grupos de investigación a lo largo y ancho de la geografía española. En esas conferencias², José Manuel Sánchez Ron ha glosado la notable labor investigadora de nuestra edad de plata de la ciencia, truncada en gran medida por la Guerra Civil y el posterior exilio de un buen número de brillantes investigadores. Pero tras el trágico paréntesis bélico y de los primeros años de la postguerra, aquellos investigadores que permanecieron en el *Rockefeller* y los que se les fueron uniendo, comenzaron a reconstruir el maltrecho edificio de la ciencia. En unas condiciones de precariedad económica y de aislamiento internacional, el esfuerzo de estos hombres y mujeres mantuvo vivo el interés por la ciencia en nuestro país sembrando las semillas que han fructificado en muy diversos institutos de investigación y departamentos universitarios. Muchos de los que aquí nos encontramos somos hijos o nietos, científicamente hablando, de dichos investigadores.

Pero no sólo se habla del pasado. En las diversas conferencias que han tenido lugar entre los meses de febrero y septiembre de 2007 hemos tenido oportunidad de revisar los últimos avances en nanotecnología, catálisis, biofísica y bio-

² Las conferencias de la jornada conmemorativa del 75 aniversario del *Rockefeller* (18 de octubre de 2007), fueron impartidas por José Manuel Sánchez Ron («Del Laboratorio de Investigaciones Físicas al Instituto Nacional de Física y Química»), Salvador Guerrero («El edificio *Rockefeller* y los arquitectos Luis Lacasa y Manuel Sánchez Arcas. Notas sobre la arquitectura de la Segunda República en Madrid», escrita con Cristina García González), José Elguero («La Química en el edificio *Rockefeller*: Antonio Madinaveira y Tabuyo, 1890-1974, un gran químico que España perdió y México ganó»), Juan Francisco García de la Banda («De la espectroscopia a la catálisis: mi vida en el *Rockefeller*»), Manuel Rico («La bioquímica-física en el *Rockefeller*») y Avelino Corma («Diseño molecular de catalizadores y materiales estructurales»). Las cinco primeras están editadas en los capítulos correspondientes a su temática en este libro, en algún caso con variaciones en su título (nota de los editores).

química de membranas, nuevas tecnologías aplicadas a la energética química, y cómo la tecnología láser ha revolucionado la conservación del patrimonio. En definitiva, han presentado un recorrido desde la investigación en química física fundamental, hasta aplicaciones con considerable repercusión social³.

Y en estos momentos debemos preguntarnos ¿qué nos depara el futuro? Es evidente que el *Rockefeller* no volverá a convertirse en un germen de centros de investigación ni a alcanzar la relevancia de sus primeros años. Y hemos de congratularnos de que así sea. Ese papel ya no es necesario en España. Empleando la terminología de moda, podemos decir que la investigación de excelencia se puede encontrar hoy en día en numerosos centros de investigación, alguno de los cuales tiene sus raíces en el propio edificio *Rockefeller*. No obstante, la contribución de los investigadores de ese centro sigue siendo en muchos aspectos un referente internacional. En campos tan diversos como los estudios de energética y reactividad química, estructura y dinámica de biomoléculas, diseño de nuevos materiales láser o aplicación de éstos a la conservación del patrimonio, la ciencia del *Rockefeller* sigue estando en primera línea.

Imágenes de la exposición «75 Años de Investigación en el Edificio Rockefeller». (Izquierda) paneles colgados en los pasillos de la planta baja. (Derecha) una de las vitrinas colocadas en el vestíbulo con la fotografía tomada el día de la inauguración y tubos de ensayo químicos y otro instrumental de la época en que inició su andadura el Instituto Nacional de Física y Química (fotografías de Xiomara Cuadra, SPCSIC)



Y ya para terminar, y como es de justicia, quisiera agradecer su trabajo y dedicación a la comisión organizadora de estos actos, formada por investigadores del

³ El ciclo de conferencias que cerró la jornada conmemorativa, titulado «Entre la Física, la Química y la Biología», celebrado entre el día 6 de febrero y el día 18 de septiembre de 2007 en el salón de actos del edificio *Rockefeller* (calle Serrano, número, 119 de Madrid), participaron Wolfgang Schäffner («Arquitectura, ciencia e Ingeniería para el laboratorio del siglo XX»), Tomas Baer («Thermochemistry of Ions, Radicals and Stable Molecules»), Javier Ordóñez («La ciencia en España en la mitad del siglo XX»), Philip R. Evans («How Soluble Proteins Can Bend Membranes: Vesicle Formation in Endocytosis»), Flemming Besenbacher («Nanoscience and Nanotechnology in the 21st Century», escrita con Luisa Filippini y Duncan Sutherland), y Costas Fotakis («Optical Technologies in the Service of the Future of our Past»). También con variaciones en sus títulos, las conferencias de Baer, Evans, Besenbacher y Fotakis, y un artículo enviado por Masatsune Kainosho («Optimal Isotope Labeling for NMR Protein Structure Determinations-the SAIL Method») se editan en esta tercera parte del libro que inauguran las palabras de Lomba, y la de Schäffner en la primera parte del mismo por afinidad de contenidos (nota de los editores).

Instituto de Química Física Rocasolano , el Instituto de Estructura de la Materia y el Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, a las autoridades del CSIC, por el apoyo que nos han prestado en todo momento, al Área de Cultura Científica, responsable en gran medida de la exposición que ha tenido lugar sobre el 75 aniversario desde el 18 de noviembre de 2007⁴, y cuya ayuda en multitud de detalles ha sido insustituible. Entre otras actuaciones cabe destacar, además, el libro que editamos con motivo de la conmemoración, y que recoge, entre otras, las contribuciones aportadas al ciclo de conferencias. Obviamente, dichos actos no hubieran sido posibles sin el apoyo económico del CSIC, de la Federación Española de Ciencia y Tecnología (FECYT), de la Comunidad de Madrid, y de un buen número de empresas y de otras instituciones con las que el Instituto de Química Física Rocasolano y el Instituto de Estructura de la Materia mantienen estrechas relaciones de colaboración y que generosamente han participado en la financiación (CEPSA, REPSOL YPF, Bruker, Termo Scientific, Perkin Elmer, Bonsái Advanced Technologies, Setaram Instrumentation, Real Sociedad Española de Química y Real Sociedad Española de Física).

Finalmente, quisiera agradecer a todos los conferenciantes su participación, y cómo no, su presencia a todos los asistentes a los diversos actos programados. Habida cuenta de lo grato que ha sido tomar parte en esta celebración, estoy seguro que nos volveremos a encontrar para celebrar el centenario del edificio *Rockefeller*.

⁴ Los paneles de la exposición se han mantenido de forma permanente en los pasillos de la planta baja del edificio *Rockefeller* (nota de los editores).

Laboratorio del edificio
Rockefeller, 1932 (IQFR)



New Experimental Approaches to Photoionization: the Road to ± 0.1 kJ/mol Thermochemistry of Ions, Radicals and Stable Molecules

Tomas Baer

*Department of Chemistry,
University of North Carolina*

The technique of photoelectron photoion coincidence involves the simultaneous detection of an electron and its ion. If the electron kinetic energy is measured, then the ion internal energy is known through the relationship: $E(\text{photon}) = E(\text{ion}) + E(\text{electron})$. New experimental approaches have pushed the resolution of this experiment to ± 10 meV (± 1.0 kJ/mol), limited mainly by the photon resolution. The detection of the energy analyzed electron also establishes a time zero for measuring the ion time of flight (TOF). The ion TOF distributions contain information about the dissociation rates of the energy selected ions. These studies tell us about the ion dissociation mechanism and the dissociation onset energies. The technique has been applied to small molecules such as CH_2XY , where $\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{and I}$, intermediate organic ions such as acetone, pentanone, and ethyl phosphine, as well as organometallic species such as hexa-

methyl disilane, $\text{Ge}(\text{CH}_3)_4$, and $\text{CpMn}(\text{CO})_3$. Highly accurate heats of formation and bond energies have been extracted and compared to theoretical values. New synchrotron based experiments at the Swiss Light Source (SLS) will improve the resolution to 1 meV (0.1 kJ/mol) and will also permit determination of solvation energies for organometallic compounds for both parent and coordinatively unsaturated species. The method involves measurement of the onset energy for the reaction $\text{AB} + h\nu \rightarrow \text{A}^+ + \text{B}^- + e^-$. If the heat of formation of any two of the AB, A^+ , and B^- are known, then the third heat of formation can be determined. This means that even though a measurement is accurate to 0.1 kJ/mol, it will not lead to a more accurate heat of formation unless all values are equally accurate.

Introduction

The experimental determination of heats of formation, which began with heats of combustion measurements, is now carried out by a broad range of approaches that include differential calorimetry, equilibrium and kinetic measurements of neutral and ionic reactions, the determination of electron affinities and ionization potentials, and dissociative photoionization studies. This report highlights new approaches in dissociative photoionization that will soon make it possible to obtain thermochemistry of large molecules with 0.1 kJ/mol accuracy. The method involves measurement of the onset energy for the reaction $\text{AB} + h\nu \rightarrow \text{A}^+ + \text{B}^-$. If the heat of formation of any two of the AB, A^+ , and B^- are known, then the third heat of formation can be determined. This means that even though a measurement is accurate to 0.1 kJ/mol, it will not lead to a more accurate heat of formation unless all values are equally accurate, which serves to emphasize the need to approach the problem of thermochemistry by many experimental approaches, including theoretical methods.



Calorímetro de combustión del grupo de Termoquímica y Termofísica del Instituto de Física Química del CSIC (IQFR)

The TPEPICO experiment

Although photoelectron photoion coincidence experiments can be carried out with an electron of any energy, there are great benefits to using initially zero energy electrons, so called threshold electrons, hence the term threshold photoelectron photoion coincidence (TPEPICO). In this experiment, electrons are energy selected by their angular properties rather than their kinetic energy. That is, while energetic electrons are ejected at all solid angles, threshold electrons have no initial velocity perpendicular to the extraction axis which permits them to be focused to a small hole some distance from the ionization region. Such an analyzer, shown in figure 1, can attain a resolution of less than 1 meV, which is far superior to any dispersive analyzer such as a hemispherical analyzer. However, if an energetic electron has a velocity directed exclusively toward the electron detector, it will be indistinguishable from a true threshold electron, and will thus contaminate the signal. This problem was recently resolved by collecting not only the electrons entering the small hole, but also energetic electrons close to the central hole. The off-axis electrons can be considered to provide a good estimate of the contamination of the energetic electrons in the central detector, the threshold signal can be corrected by subtracting the two. This approach can be accomplished by the use of just two detectors, a central one and an off-axis detector. However, a much more powerful approach involves the use of a position sensitive detector that can provide much more precise information for subtracting the energetic electrons. Such an experiment is currently being constructed at the Swiss Light Source (SLS), a third generation synchrotron, which will also improve the photon resolution by a factor of ten and achieve a resolution of 1 meV, or 0.1 kJ/mol.

As shown in figure 1, the electrons, from either the central or off-axis detector, provide the start signal for measuring the ion time of flight (TOF). Because

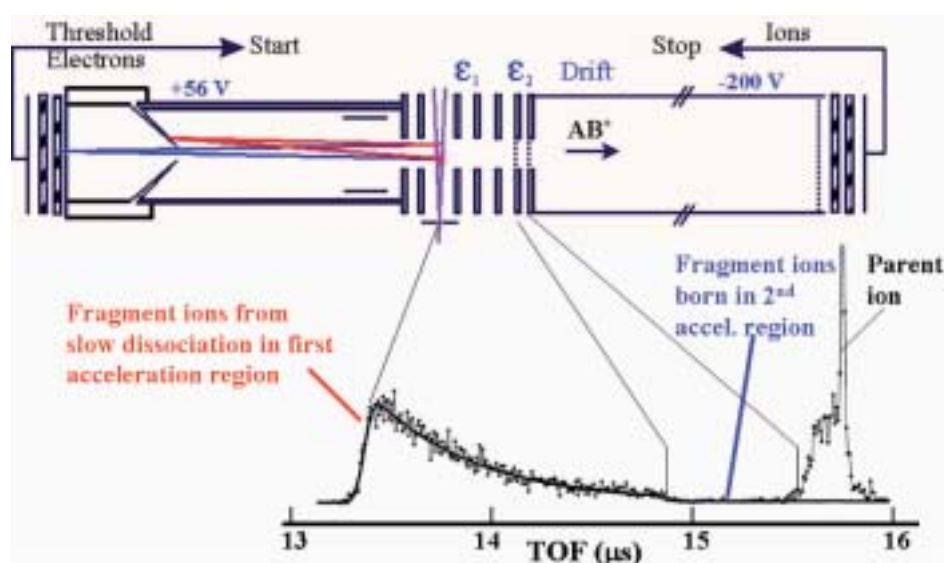
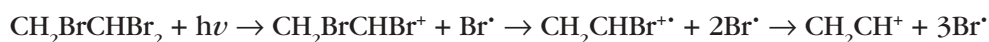


Figure 1. Diagram of the TPEPICO experiment, showing the TOF distribution arising from slow dissociation of metastable parent ions.

only ions detected in coincidence with initially zero energy electrons, the ions have an internal energy of $h\nu - \text{IE}$, where IE is the molecule's adiabatic ionization energy. The ion TOF distributions contain considerable information about the dissociation dynamics. If an ion dissociates slowly, while being accelerated in the ionization region, it will have an asymmetric TOF distribution, as shown for the case of butadiene in figure 1. The asymmetry can be modeled to obtain the ions' dissociation rate constant at the photon energy. This is important because large ions dissociate so slowly that the products cannot be detected when the ions are prepared at their thermochemical dissociation limit. Thus, the only means for determining the dissociation limit is to measure the dissociation rate constant as a function of the ion internal energy and to extrapolate this function to the dissociation limit.

Example of a recent investigation



The dissociation of 1, 1, 2 tribromo ethane ions proceeds in a sequential manner up to the vinyl ion. We collected ion time of flight distributions at various photon energies, similar to those shown in figure 1, and constructed a breakdown diagram showing the fractional abundance of all the observed ions. Such a diagram, showing the first two fragment ions, is shown in figure 2. By fitting both the TOF distribution and the breakdown diagram, taking into account the ion internal energy distribution and rate constants, we can derive 0 K dissociation onsets, which are shown in figure 2. This leads then to the energy diagram, shown in figure 3, for the 1, 1, 2 tri bromo ethane system. The only well known heat of formation is that of the closed shell vinyl ion, which can be obtained from high level *ab initio* calculations. Using this as an anchor, we can obtain all of the other heats of formation, including that of the tri bromo ethane starting compound.

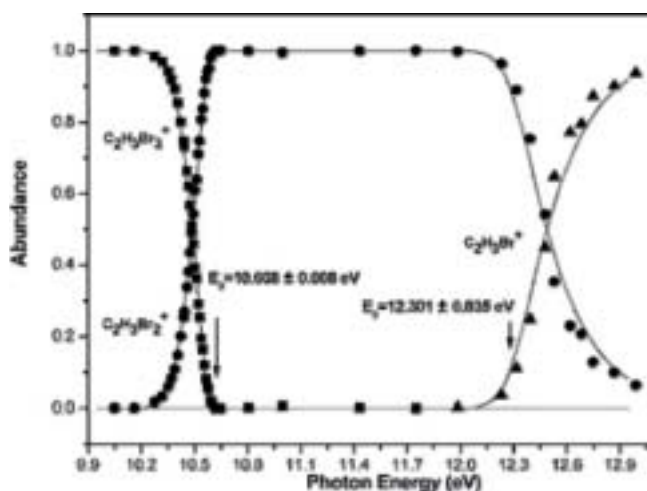


Figure 2. Breakdown diagram of 1, 1, 2 tribromo ethane showing the first two fragment ions. The less steep slope on the second loss is a result of energy partitioning in the first BR loss step. The arrows point to the 0 K dissociation onsets.

Biblioteca del edificio *Rockefeller*,
1932 (IQFR)



Nanoscience and nanotechnology in society

**Luisa Filipponi, Duncan Sutherland
and Flemming Besenbacher**
*Interdisciplinary Nanoscience Center
—iNANO—, University of Aarhus, Denmark*

The world we live in is a world of contradictory demands. We demand faster, more powerful multifunctional electronic devices to perform better and longer, and we ask for these devices to have lower prices. We expect airplanes to fly faster at cheaper rates, cars to be more powerful, and use less fuel and pollute less. We demand a better, healthier life, with medical treatments which are targeted, effective and fast. We live surrounded by an increasing number of electronic and more efficient and powerful devices, and we call for new and CO₂ neutral sustainable energy resources and energy-saving initiatives. To meet such demands, a new industrial revolution is necessary called upon, a revolution that has already started and is called nanotechnology. In simple words, nanotechnology refers to the manipulation of matter at the nanometre scale, that is from 1 to 100 nanometres (nm), which includes the length of atoms, molecules and macromolecules. One nanometre is one millionth of a millimetre or one billionth of

a metre; to put this into context, the dot over the letter «i» is approximately one million nanometres in diameter. Figure 1 shows examples of objects with length scales ranging from the macro to the nanoworld. The goal of nanotechnology is the fabrication of novel materials and devices that have new properties and functions because of their small size. This technology arises from the convergence of chemistry, physics, material science, engineering, molecular biology, biology and medicine, and therefore it is a truly interdisciplinary discipline. This leads to one of the most exciting aspects of nanotechnology; its diversity and the large number of applications that may benefit from it. Nanotechnology is going to improve our quality of life in all its aspects, from the quality of the air we breathe, to the way doctors diagnose and treat diseases, to the resistance of the clothes we wear, to the safety of the water we drink and the food we eat.

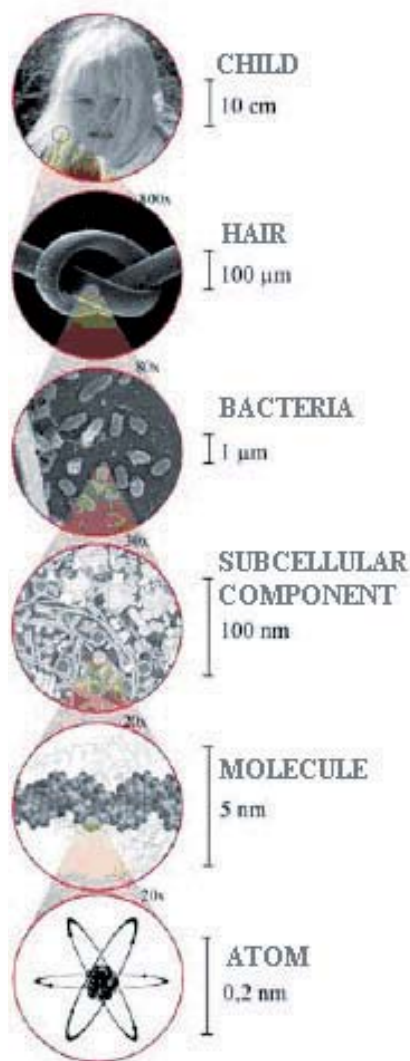


Figure 1.
Sizes: from macro to nano.

Materials

At the nanometre scale the properties of matter such as colour, strength, density, plasticity electrical and thermal conductivity or toxicity can change. The consequence is that a material, for instance a metal, when in a nano-sized form, can assume properties which are very different from those it has in a bulk form. A simple example is the metal gold, notably yellow in colour and used for jewellery. As the noblest of all metals, gold is very stable (for instance, it does not react with oxygen or sulphur). However, if gold is shrunk to a nanoparticle, it changes colour, becoming red if it is spherical, and even colourless if it is shaped in a ring. Moreover, gold nanoparticles become very reactive and can be used as new catalysts. This opens the opportunity to develop entire new ranges of materials and to improve existing ones. Fabrication of nanomaterials can be done in two ways: by self-assembly, that is building the nanomaterial «atom-by-atom» (bottom-up approach) like assembling Lego® blocks, or by «carving» the nanomaterial out of a larger piece (top-down approach). The information «controlling» this bottom-up fabrication process is embedded in the material building blocks, so that these can self-assemble into the final product. The concept of self-assembly and its use in nanotechnology derives from the observation that in natural biological processes, molecules self-assemble to create complex structures with nanoscale precision, such as for example the DNA double helix structure. There has been a lot of interest in learning from nature and study how molecules self-assemble into patterns-. Figure 2 shows such molecules self-assembled into patterns on a surface imaged by surface probe methods.

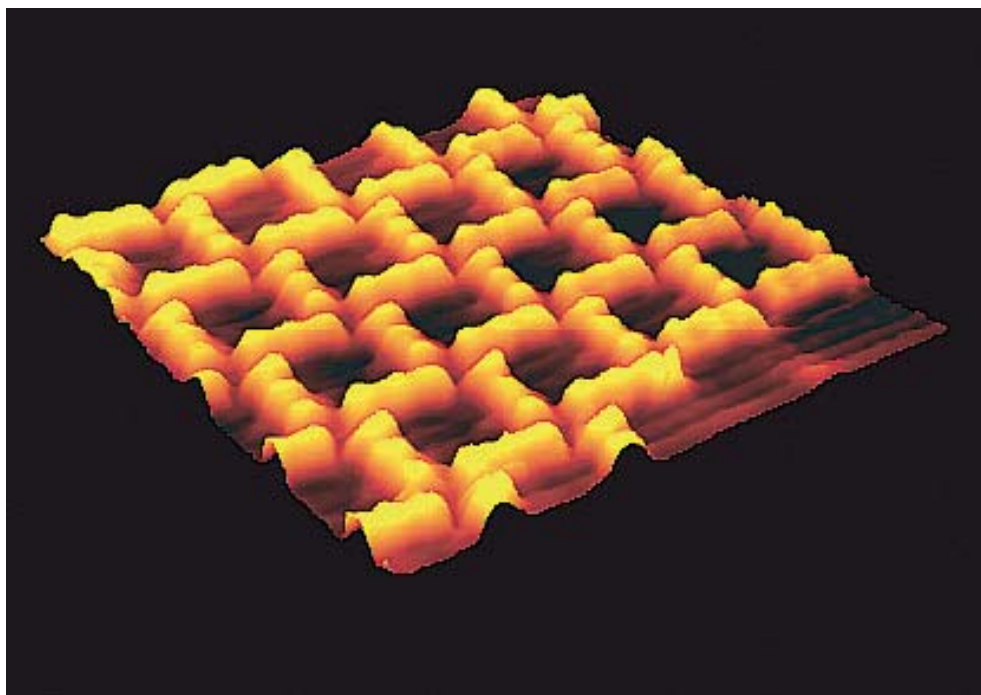


Figure 2.
Self-assembled molecules on a surface imaged by STM (Scanning Tunnelling Microscopy). Image courtesy S. Weigelt and T. Linderoth.

The bottom-up approach gives the potential for exceptional control over the manufacturing process of a nanomaterial, thus introducing in the final product novel properties and functions. In this way, new materials with tailored properties can be fabricated. The applications of these new and improved nanomaterials are vast, from electronics to medicine, from textiles to automotive, and many more. In a sense, the applications of nanotechnology to material science are endless, because improved materials can offer improved performance in almost all application areas.

The list of novel materials that are being developed using nanotechnology is long and includes surfaces with anti-microbial coatings for safer medical equipments, safer food packaging and storage; easy-to-clean windows requiring less detergents thus reducing pollution; anti-scratch coatings for the car industry; anti-fog and anti-fingerprint coatings for improving materials in for example eye glasses and car windows; surfaces that resist corrosion and materials that wear and tear less; textiles with improved strength, fire protection and flame retardancy for safer clothing; lightweight metal materials to be used for building lighter yet stronger parts for airplanes, cars, turbines for windmills and petrol tanks; materials with better insulation properties to reduce heat dispersion of homes and offices during winter; photochromatic materials that use heat to darken windows in summer to use less air conditioning; new thermoelectric nanomaterials that convert heat into electricity; nanocomposites for the production of sustainable cement; and biocompatible nanomaterials for bone and dental replacement.

Nanomaterials are composed of smaller blocks than bulk materials, and one of the most important consequences of this size reduction is that they have an increased surface-to-volume ratio. Thus, for a given total volume of material, the external surface is substantially greater if it comes from an ensemble of nanomaterial sub-units rather than from a bulk material. It is this increased surface-to-volume ratio and the increasing importance of low coordinate surface sites that are responsible for the new functional properties of the new and novel nanomaterials. For this reason, nanomaterials are particularly suitable catalysts to accelerate chemical reactions, for example for the automotive industry and the new emerging green chemical industry, and in detection devices, such as sensors, for environmental and medical applications. Moreover, the increased surface-to-volume of nanomaterials allows us to use less material, which can have environmental and economic benefits, as well as allowing the production of highly miniaturized devices that can be portable and use less power to operate. Figure 3 illustrates schematically how active nanoparticles can be utilised in macroscopic devices.

IT

Computer and electronic devices have become part of our daily life. The electric components of these devices (such as the processor or the RAM of a computer)

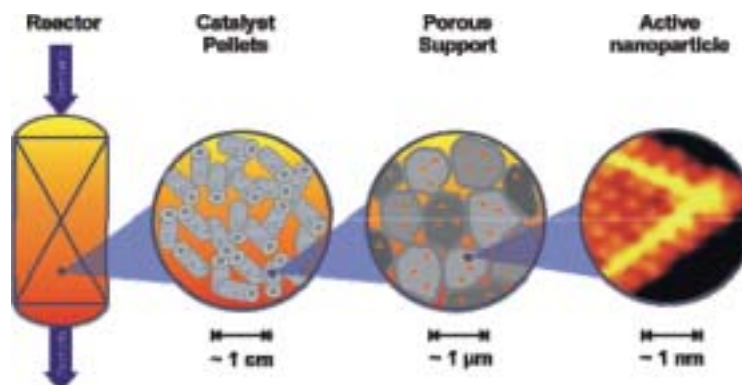
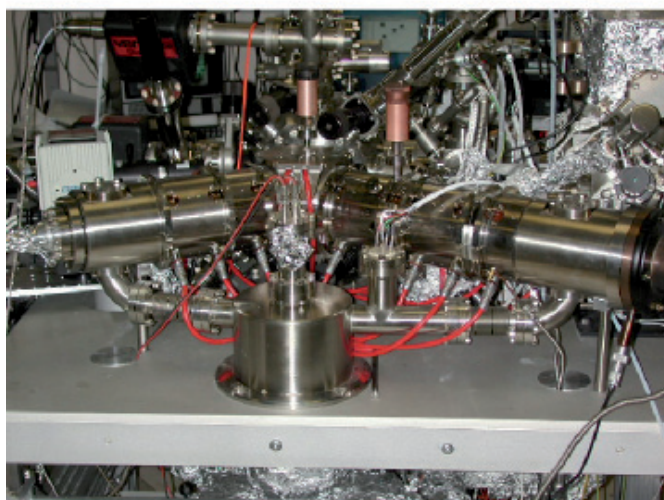
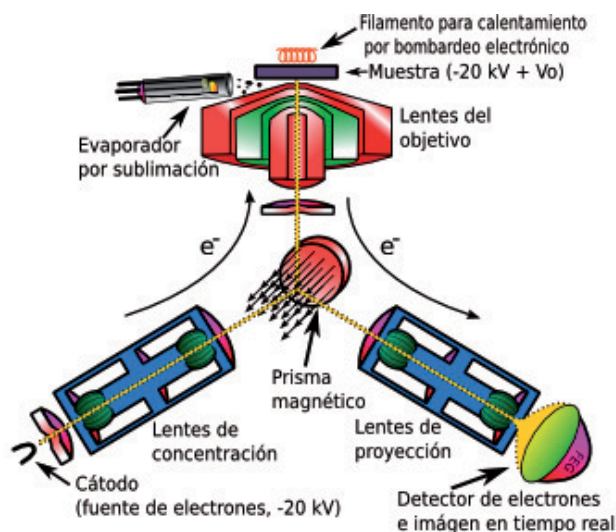


Figure 3.
Nanoparticles as efficient catalysts.

are fabricated through a top-down process. This starts from a bulk material out of which small structures are fabricated by selectively eliminating part of that material. Processes such as lithography and etching are used to fabricate these fine structures. Since the introduction of computers there has been a continuing quest for devices with increasing component density and reduced sizes. The main route has been to develop improved top-down processes capable of fabricating smaller and smaller components. The nanoscale level has already been reached; for instance current CPUs are already fabricated with structures below 100nm and containing more than 100 million transistors. In the future, processors with a higher number of transistors and computer memories that can store even larger amounts of information will be produced to meet our needs for smaller, yet faster and more complex devices. To achieve this, new materials and processes will be needed, most likely enabled by nanotechnology. For instance, some nanomaterials are being investigated as novel storage devices, such as Phase Change RAMs, which will revolutionize the memory capacity of computers and their speed. Further miniaturization of electronic devices requires chips incorporating multiple constituents, finer length scales, and new 3D architectures. Nanotechnology will be applied in this field to fabricate nanowires and complex 3D components using some nanomaterials that have exceptional electrical conductivity, such as carbon nanotubes. Another exciting opportunity arising from nanoscience is the ability to control atoms and molecules by making use of light manipulation at the nanoscale. This discipline — called nanophotonics — will allow the building of nanoscale structures, to manipulate single molecules, and control the exchange of energy between individual molecules. The integration of nanophotonics and nanoelectronics will lead to a new generation of miniaturised, multifunctional, high-performance devices.

Energy and Environment

Our technological society is still relying heavily on fossil fuels to generate the electricity we need. This will have to change in the future as the resources of fossil fuels are limited, and the high levels of carbon dioxide arising from burning



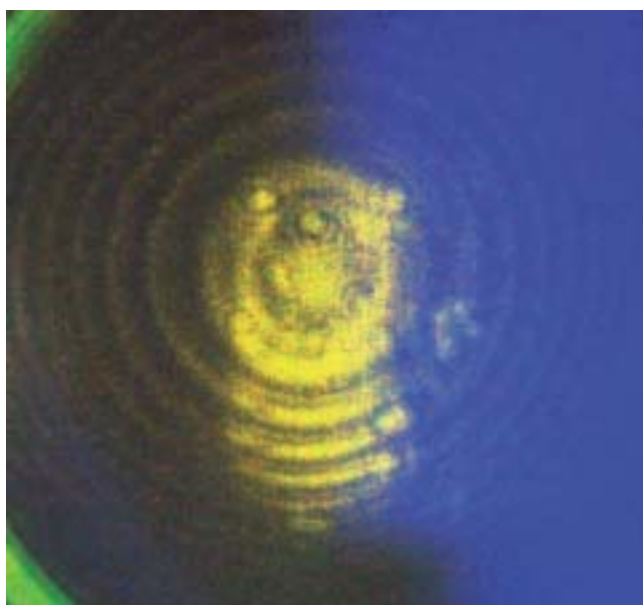
Low Energy Electron Microscopy del Instituto de Química Física del CSIC con resolución de nanómetro (IQFR)

fossil fuels are recognised to adversely affect our environment and bring about worldwide climate changes. The problem is not finding other energy sources that can produce the amount of energy we need, which we already have, such as the sun; the problem is finding efficient ways of collecting, converting and storing this energy in a cost-effective way. Nanotechnology will most likely be of utmost importance in solving these energy challenges. In the field of solar energy, nanomaterials can increase the solar absorbcency of conventional photo-voltaic cells (PVs) for instance using «sensitized semiconductors». One example in dye-sensitized cells made of a mesoporous TiO_2 modified with complex dye molecules (also known as Grätzel cells). These molecules act like an antenna, meaning that more of the light of a particular colour can be captured, but also that a wider range of colours of light can be absorbed compared to pure TiO_2 . The result is an increase in the energy efficiency of the PV cell. The mesoporous nature of the oxide provides an enormous internal surface area, therefore

reducing the amount needed in the cell. These cells are extremely promising because they are made of low-cost materials and do not need elaborate apparatus to be manufactured. Nanomaterials are also studied to find ways of efficiently converting heat into electricity, which could enable the production of efficient thermo-photovoltaics.

Another «green» energy alternative is the so-called hydrogen society, where hydrogen is used as an energy carrier. There are three levels of problems associated with this energy alternative: hydrogen extraction, storage and conversion into electricity. Although hydrogen is abundant in nature, it is not freely available, it needs to be extracted from a source, such as hydrocarbons (e. g., methane), which produce CO₂ upon extraction, or from water. Extraction of hydrogen from water is the most desirable, and in principle water can be split into hydrogen and oxygen in three ways, by electrolysis, by chemical catalysis and by using sunlight. Although the latter would be the most environmentally-friendly route, as previously discussed, there are problems associated with the efficient and affordable conversion of solar energy. Chemical extraction of hydrogen from water requires highly efficient catalysts. Nanomaterials, with their exceptional catalytic properties, will most likely play a crucial role in this sector, in particular for the automotive industry. The second problem associated with hydrogen is its storage. Given the same volume, the energy produced by hydrogen is about ten times lower than that from conventional gasoline. This, together with the fact that hydrogen is a gas, means that large tanks are needed for its storage. The alternative is to compress it into a liquid and store it in strong and heavy liquid tanks, which is undesirable for instance in the automotive industry. More desirable is the storage of hydrogen in smaller solid supports in which the hydrogen is trapped. The «trapped» hydrogen can then be thermally released to the fuel cell when needed. New and novel nanomaterials that can ideally be used to store high quantities of hydrogen in small volumes are being synthesized. The third challenge for the hydrogen society is the efficient conversion of hydrogen into electricity. Today, fuel cells that use hydrogen and oxygen to produce electricity releasing pure water as a sub-product are costly and have a limited efficiency. Nanomaterials enable hydrogen fuel cells to be more efficient and cost effective. Their tuneable physical properties, their nanostructure and their active surface can potentially improve the cell electrolyte, increase the activity of the fuel cell catalyst and reduce the amount of catalyst used (mostly platinum). Ultimately, these advances have the potential to provide cheaper, more efficient fuel cells, enabling hydrogen to become a viable energy carrier alternative not least for the automotive and other mobile applications. Improvements in the field of energy storage are also needed for the fabrication of small, lightweight rechargeable batteries to power our multi-task, personal electronic devices. New nanomaterials may be able to increase the capacity, power and charge rate of current lithium batteries, while improving lifetime and safety, both for the user and for the environment. Solving the future energy challenges of our society requires not only advances in the field of energy conversion and storage, but also energy saving, considering how much energy is currently being wasted using conventional incandescent lights or in transporting energy from its production site

to the end-user site. In this field, nanotechnology enables the development of smart coatings, for instance by darkening windows based on the amount of external sunlight. These coatings reduce unwanted solar heating in summer, to reduce the requirement for air conditioning, with consequent huge energy savings. More efficient lighting devices are under development. One option is solid-state light devices in the form of light-emitting diodes (LEDs). Nanomaterials in the form of a mixture of semiconductor nanocrystals are now being investigated for the production of white-light LEDs. Also, quantum dots (QD) are another class of nanomaterials that could be used for making more efficient displays and light sources (QD-LEDs).



Etanol (IQFR)

The energy challenge is only one of the numerous environmental challenges that our society is facing. Human activity leads to pollution of air, soil and water, so in the future we will need new tools to reduce, prevent, monitor and treat waste arising from our activities. Protection of our health and of the environment will be significantly helped if we could detect the pollutants and pathogens requiring rapid and sensitive detection with molecular precision. Nanotechnology can be used to develop accurate, selective, sensitive sensors for *in-situ* detection, as miniaturized portable and as remote sensors, for the real-time monitoring of large areas in the field. Scaling down using nanomaterials allows packing more detection sites in the same device, thus allowing the detection of multiple analytes. This scaling-down capability, together with high detection specificity, will allow the fabrication of super-small «multiplex» sensors, in this way lowering the cost of the analysis and reducing the number of devices needed to perform the analysis.

Nanotechnology has the potential to drastically improve manufacturing processes, minimizing material usage and waste production, while ensuring the use of the least amount of energy possible. Nanomaterials also allow the optimization of some processes and reduce waste arising from it, such as fuel combustion. One example being novel nano-sized catalysts to be used for desulphurizing fuels, with the aim of developing «clean» fuels containing very low sulphur products. In the area of remediation by removing pollutants from the environment, nanomaterials can help access otherwise inaccessible areas such as crevices and aquifers, thus eliminating the necessity for costly «pump-and-treat» operations in waste sites. For instance, metal nanoparticles, such as iron, are already in use for the remediation of contaminated groundwater and soil, since these particles are very effective for «killing» many common environmental contaminants such as chlorinated organic solvents and organic pesticides. Furthermore, nanotechnology can be used to develop remediation tools that are nano-sized and specific for a certain pollutant such as a toxic metal. This is crucial to ensure the drinking water quality and monitor its contamination from pollutants. Of these, mercury and arsenic are two extremely toxic metals that pose very high health risks. Nanotechnology can be employed for the fabrication of nano-filters, nano-adsorbents and nano-membranes with specific properties to be used for the decontamination of water as well as air. Filters and membranes can be engineered to be «active» in the sense of being capable not only of trapping a specific contaminant, but also of chemically reacting with it and convert it to a non-toxic product. Finally, nanoparticles can be included in membranes for water desalination.

Medicine and Health

Nanomedicine uses nanomaterials and nano-enabled processes for diagnosis, therapy and monitoring of a wide range of medical diseases such as cardiovascular diseases, cancer, musculoskeletal and inflammatory conditions, neurodegenerative and psychiatric diseases, diabetes and infectious diseases. Nanotechnology can be used to produce small, cheap, portable diagnostic devices that require less sample to operate, and are therefore less intrusive for the patient, and perform the diagnosis of a suspected disease in a very short time, while assuring accuracy of the analysis. Nanomaterials will lead to very sensitive devices that can detect for example pathogens in very small quantities, which has the potential to enable a very early diagnosis when treatments can be more effective. Ultimately, this can open up the area of point-of-care diagnostics, that is, integrated devices that can be used anywhere and not only in the doctor's office, and capable of high-throughput testing for screening a large number of patients, for instance in the event of an epidemic, or for testing a large number of parameters for one specific diseases, which is needed for the diagnosis of complex medical conditions. Figure 4 shows a schematic representation of one promising nanoscale biosensors based on small cantilevers which can be used to detect extremely small quantities of molecules.

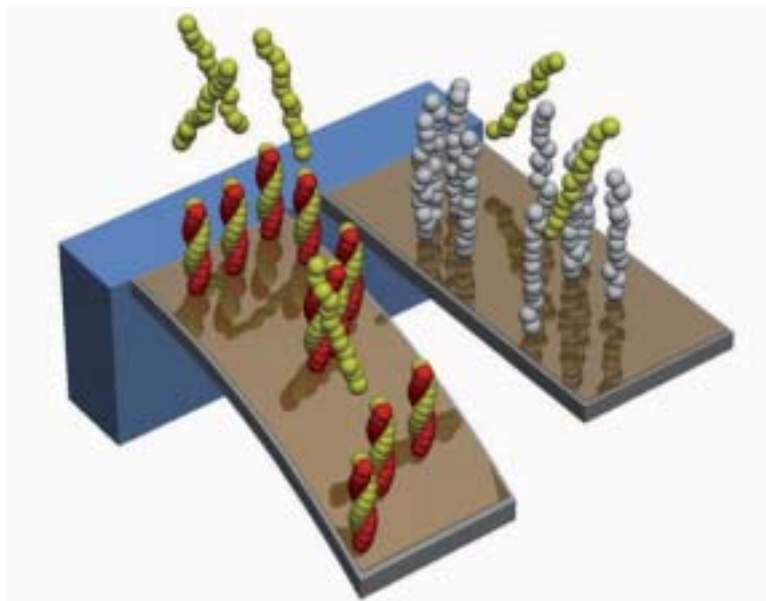


Figure 4.
A nanoscale biosensor based
on cantilevers. Image courtesy
M. Lorentzen.

Another crucial step in the diagnosis of a disease involves *in vivo* imaging, which searches for the symptoms of the disease within the organs suspected of being infected without the need to perform surgery. Nanotechnology has a huge impact on this area, particularly by developing molecular imaging agents that allow targeting and imaging of the site of a disease within a tissue at the cellular and molecular level. The aim is to detect biomarkers of disease and diagnose illnesses at or maybe even before the onset of the very first symptoms, making *in vivo* imaging a tool for early detection. Nanotechnology also enables the development of novel imaging instrumentation to further improve imaging sensitivity and accuracy.

In terms of treatment, nanotechnology can overcome some of the limitations of current drugs, such as limited solubility in water, lack of selectivity, and consequent lack of efficiency and a number of unwanted side effects. Problems such as lack of selectivity are especially detrimental in cancer therapies, since anti-cancer drugs are toxic to both normal and cancer cells. Nanotechnology allows for the possibility to improve drug synthesis, delivery, release and action by developing new drugs that can act at the specific site of the disease, maximizing the therapeutic action of the drug while minimizing side effects. With the use of nanotechnology, targeted drugs (in terms of composition and delivery system) may become a reality resulting in targeted therapies and personalized medicine. One vision is to design drugs that will be delivered in such a way that they can recognize the 'bad' cells responsible for a certain disease at a molecular level and penetrate the cell membrane and act inside the infected cell. Moreover, specific properties may be incorporated into the drug delivery system, so that the drug can be activated only upon reaching the target, and the active component released at a controlled rate. Therefore, drugs with optimal loading may be produced so that only the necessary amount of drug is delivered, thus reducing side

effects for patients. Together with the possibility of having nano-drug delivery systems that are biodegradable inside the body, this will reduce drug toxicity. Drug safety will be further enhanced for example by introducing inside the drug formulation a label that changes colour when the drug reaches its expiring date. One of the most exciting opportunities that nanotechnology may bring about to the therapeutic field is the possibility of integrating the diagnosis, therapy and follow-up of a disease. This can be enabled by incorporating nanoparticles into a drug. The nanoparticles can change some properties —such as colour— once the drug has reached the target. Drugs could therefore have a feedback action. Together with a slow, targeted release system, the nanoparticles might gradually change colour during the drug action, thereby informing doctors of the progress of a therapy. This approach is called ‘find, fight and follow’ and may become a reality thanks to the parallel progress of the field of molecular imaging. The vision is that one day the entire process of diagnosis, pre-imaging, therapy and post-imaging of a specific disease will be integrated. Moreover, with specific nanosystems for a specific disease, thanks to a targeted approach, more than one disease could be individually tracked, treated and monitored in what is conceived as a multifunctional therapy. Nanotechnology may also lead to a tremendous impact on the field of regenerative medicine by enabling the fabrication of improved implants with bioactive coatings, nano-textured surfaces and new stress resistant materials, leading to implants that can be better integrated into the body with increased durability, stability and biocompatibility. Figure 5 shows a schematic representation of the process of packaging of active drugs into nanoparticles for the delivery to the surface of a cell.

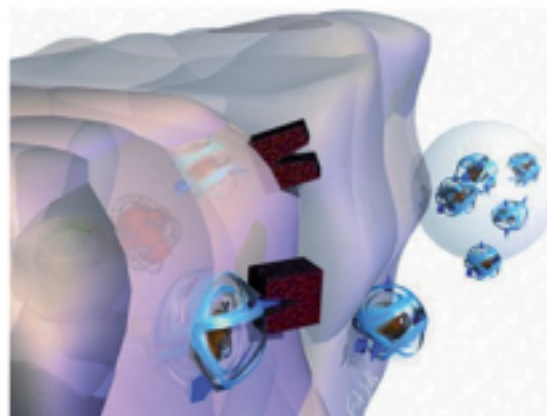
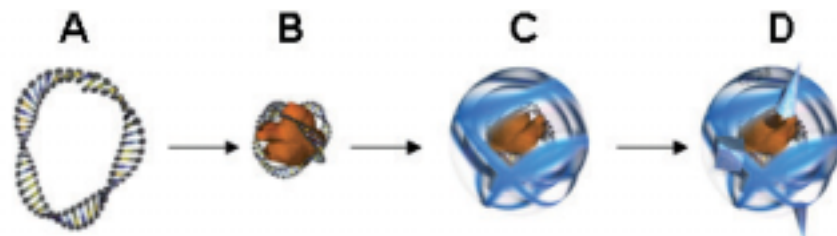


Figure 5.
Nanoparticles encapsulating active biomolecules for delivery to treat disease. Image courtesy K. Howard and L. Filippini.

Food

Nanotechnology may have tremendous impact on food. Some examples are antibacterial coatings and novel packaging materials for preserving packed food and minimizing external contamination, while retaining food freshness. In the future small sensors could be used to monitor food freshness, using nanomaterials that can detect when the «out-of-date» is reached and visually alert the consumer. Nanotechnology could also be used for tracking the quality and safety of products and ingredients from farm to shelf, and for monitoring taste, ripening and microbiological contamination. Food supplements such as vitamins could also benefit from nanotechnology in the form of novel, targeted delivery devices that release the right amount of supplement at the right time and dose.

From benefits to potential risks

Nanotechnology is clearly going to introduce benefits for our society at all levels. As with every new technology, though, it is clear that nanotechnology can also bring about potential risks. Early diagnosis enabled by nanodevices could lead to misuse of personal information, for instance at the workplace; sensors that are embedded in our clothing could make an individual traceable without him or her knowing it; microchips loaded with personal information could threaten personal security. Moreover, nanomaterials, particularly air born nanoparticles, could pose some unpredicted health risks to humans and to the environment. Unethical use of this technology could further increase the gap between rich and poor countries. All of this is possible, yet not necessary. Possible risks associated with nanomaterials need to be assessed by specifically-funded research projects and unethical use of nanotechnology avoided. Interdisciplinarity, cooperation between university, government, trade unions, environmental parties and society are needed to ensure that nanotechnology reaches its full beneficial potential.

Education

For nanotechnology to materialize all its potential, we need highly qualified students and researchers trained to handle the numerous interdisciplinary aspects of nanotechnology. Education is therefore an essential part of the development of nanotechnology. Given the complexity, the innovative and evolving nature of nanoscience and nanotechnology, education in this field needs to be interdisciplinary, cutting edge and constantly updated. Some institutes, such as the Interdisciplinary Nanoscience Centre (iNANO) at the University of Aarhus in Denmark, have already recognized this need and have developed undergraduate and postgraduate student courses, revised yearly, to educate and train brains for this next industrial revolution.



Sala de conferencias del edificio
Rockefeller, 1932 (IQFR)

How Soluble Proteins Can Bend Membranes: Vesicle Formation in Endocytosis

Philip R. Evans

*MRC Laboratory of Molecular Biology,
University of Cambridge*

The eukaryotic cell needs to move membrane-embedded molecules between its many internal membrane compartments and the external plasma membrane: these cargo molecules include intrinsic membrane proteins, proteins resident in the lumen of organelles (bound to membrane proteins), and the lipids themselves. This is mainly done by budding from the parent membrane small membrane vesicles (typically 60–100nm in diameter) into which the cargo has been concentrated, then transporting these vesicles to the correct target membrane where they fuse and release their contents. There is an elaborate machinery of cytoplasmic proteins to select cargo, form the vesicles, direct them to the correct destination and fuse them with the target membrane, with several versions of this machinery for different compartments of the cell. These systems are essential for the life of the cell: for example, they mediate protein secretion from the endoplasmic reticulum through processing in the Golgi apparatus to the plasma membrane; uptake of

nutrients and the recycling of nutrient receptors (endocytosis); down-regulation of cell-surface receptors through the endosome to lysosome for degradation; and the cycling of synaptic vesicles in nerve terminals.

Understanding such complex systems requires investigation by a variety of different techniques, ranging from structural methods and functional characterisation of individual protein molecules, to whole cell methods to understand the biological context. For this reason, we have combined the determination of the structure of proteins and their complexes by X-ray crystallography with biochemistry, electron microscopy, electron paramagnetic resonance (EPR) measurements of spin-labelled proteins, in close collaborations with other groups in Cambridge and California (see acknowledgements). The technique of X-ray crystallography to determine the three dimensional structures of proteins, my own expertise, is fundamental to the understanding of the molecular basis of function, since it shows the molecular anatomy, providing a framework on which to hang information about function (the molecular physiology), and is thus the starting point for any investigation. This paper is a personal view of some of the structural work on vesicle trafficking that I have been involved in. No attempt is made here to give comprehensive references.

Two major themes of molecular interaction run through this work:

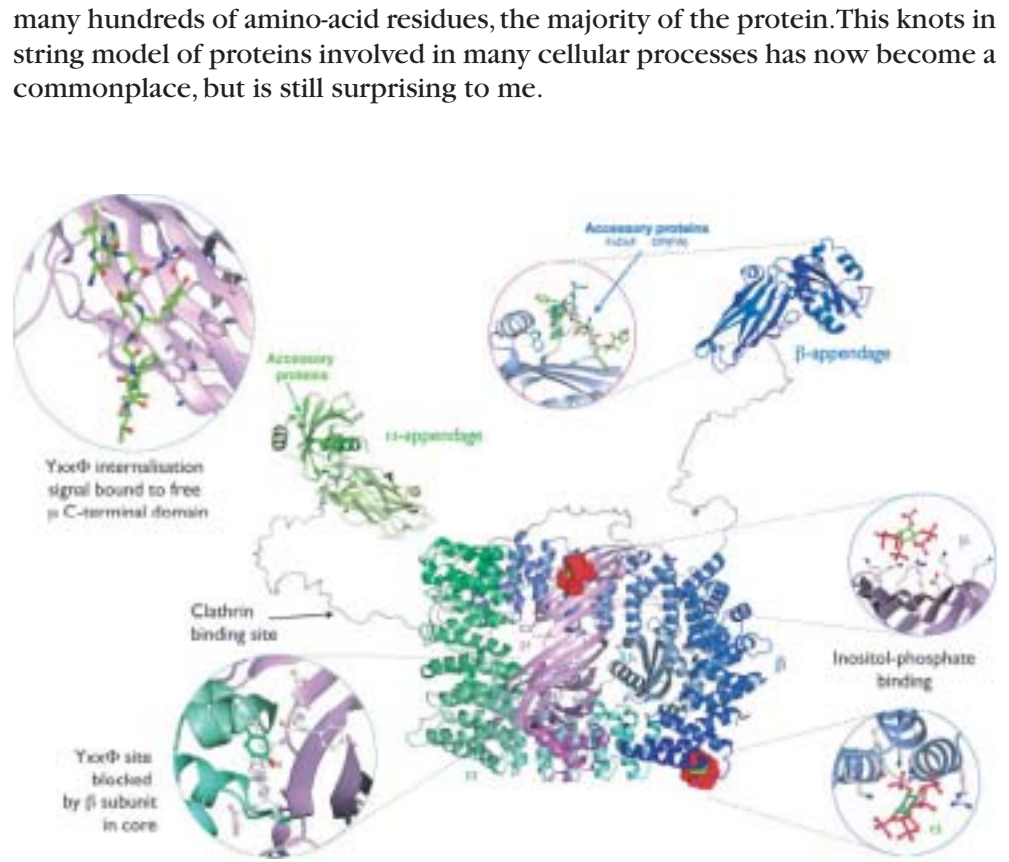
1. Protein-protein interactions: vesicle formation, movement and fusion involve a large number of different proteins (for instance, at least 20 in vesicle formation by the clathrin-mediated endocytosis system), which interact with each other in a complex network, and in turn interact with other cellular systems (such as signal transduction). A molecular understanding of the individual interactions provides tools for exploring the whole network.

2. Protein-lipid interactions: a large amount of membrane remodelling takes place in the cell, such as organelle formation and division, cell movement with membrane being moved from the back to the front of the moving cell, cell division, as well as endocytosis and secretion events. This dynamic membrane remodelling is carried out by soluble proteins which bind transiently to the membrane, rather than by intrinsic membrane proteins.

Protein-protein recognition

Most of the proteins involved in vesicle trafficking can be regarded as *adaptors*, that is they link two or more other components of the system (proteins or membranes) by presenting multiple binding sites along their length. Many of these interactions involve a folded domain of one protein binding to a short sequence in a natively-unfolded region of another protein. These short motifs probably have no intrinsic structure unless they are bound to their target, and they can be conveniently mimicked by short peptides. When I started working on this type of protein, coming from a background in structure determination with its concentration on well-folded proteins, it was a great surprise to find that these proteins had long regions which are largely unstructured, in some cases

Figure 1. The structure of the clathrin adaptor complex AP2. The central core comprises the N-terminal regions of the two large subunits α and β (green and blue respectively) together with the N-terminal region of the medium subunit μ (magenta) and the small subunit σ (grey) (Collins *et al.* 2002: 523-535). The α and β subunits also contain folded appendage domains at their C-termini, connected to the core by structured linkers: these appendage domains contain binding sites for a large variety of other accessory proteins (Owen *et al.*, 1999: 808-815; Owen *et al.*, 2000: 4.216-4.227; Rett *et al.*, 2002: 797-809; Edeling *et al.*, 2006: 329-342, and Schmidt *et al.*, 2006: e262), and the β linker contains a binding site for clathrin. C-terminal domain of the μ subunit binds cargo motifs of the form Yxx Φ , as shown in the crystal structure of the complex of the isolated domain with peptides (upper left: Owen and Evans, 1998: 1.327-1.332), but in the core complex this site is blocked by the β subunit (lower left). The core also contains two binding sites for sphatidylinositol-(4,5)-bisphosphate (PIP2), mimicked in the crystal by itol hexakisphosphate (lower right).



many hundreds of amino-acid residues, the majority of the protein. This knots in string model of proteins involved in many cellular processes has now become a commonplace, but is still surprising to me.

The most studied and best understood system is clathrin-mediated endocytosis, along with other similar clathrin-dependent systems between intracellular organelles. Clathrin forms the outer polyhedral shell of the coat (Kirchhausen, 2000: 699-727), giving mechanical rigidity to the whole structure, but although clathrin interacts with many other components of the system, it binds neither cargo nor membranes directly: these tasks are carried out by various adaptor proteins. Perhaps the most important of these adaptors is the large heterotrimer AP2 which forms a hub in the network of interactions in that it binds to a large number of other proteins, as well as to membranes. Over the last few years, we (and others) have determined several structures which cover all the structured parts of the complex (figure 1). The central brick-shaped core consists of the major N-terminal domains of the two large subunits α and β , together with the smaller μ and σ subunits (Collins *et al.*, 2002: 523-535). The function of this part is to bind the membrane via its lipid head groups, and to recognise cargo by binding motifs of the form Yxx Φ (where Φ is a hydrophobic amino-acid). This cargo motif binding was shown in the crystal structure of the isolated C-terminal domain of the μ subunit complexed to peptides (Owen and Evans, 1998: 1.327-1.332), but in the core structure, this binding site is blocked, so this structure represents a closed inactive confirmation. Elegant experiments by

David J. Owen and Stefan Höning (Höning *et al.*, 2005: 577) have shown that efficient cargo binding requires both binding to membranes and phosphorylation of the μ subunit. The structural details of how this activation happens remain unknown, but there must be some conformational change to open up the site. There is also an alternative cargo motif, the acidic dileucine motif, and attempts to locate the binding site for this have so far been unsuccessful, so we still have some future structural investigations to do.

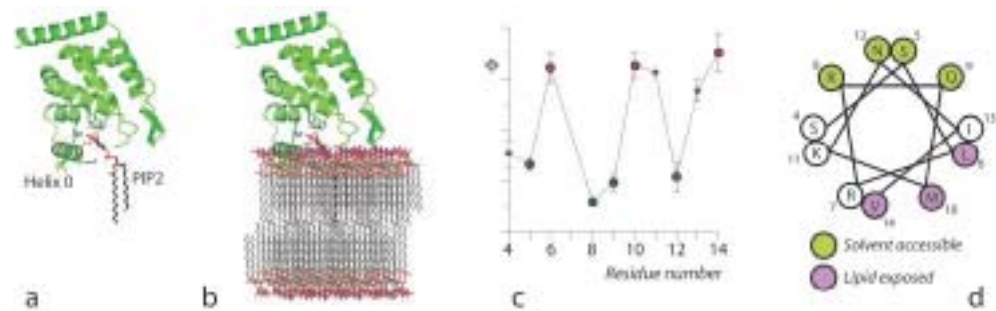
Protein-membrane interactions: bending a membrane

Formation of a cargo vesicle requires a number of things to happen, including recognition and concentration of cargo and recruitment of coat proteins, but also requires the membrane to be bent into a tight curvature. The smallest synaptic vesicles are only about 35nm in diameter, not much more than 7 times the membrane thickness. How do soluble proteins bind to membranes and curve them? Soluble proteins can bind to membranes either by surface interactions with the lipid headgroups, with specific head-group recognition or just by non-specific charge interaction, or by inserting a hydrophobic part, such as an amphipathic helix, into the hydrophobic layer of the membrane. Membranes are generally more or less flat because the two sides of the bilayer are more or less the same. They can be bent by various methods of making the two sides different, such as hydrophobic insertion, or by a curved molecule acting as an external template (for a review see for example McMahon and Gallop 2005: 590-596).

Surface binding is exemplified by the binding of AP2 to the headgroup of phosphatidylinositol-(4,5)-bisphosphate (PIP2), mimicked in the crystal structure by inositol hexakisphosphate, and by the binding of CALM/AP180 to the same headgroup (Ford *et al.*, 2001: 1.051-1.055): in these cases the lipid headgroup is bound just by the tips of positively charged side chains (see inset at bottom right of figure 1), and this interaction attaches the protein to the membrane without altering the membrane structure. On the other hand, the N-terminal ENTH domain of epsin, despite having a similar structure to CALM, binds the same PIP2 ligand in a completely different way, in a deep pocket formed by the folding of its N-terminus into a helix, which does not exist in the absence of ligand (figure 2). This helix is amphipathic, with hydrophobic residues on its outside, an unusual arrangement, but one which explains the effect of this protein on membranes. When this protein is added to liposomes, it curls them up into tight tubules which can be visualised in the electron microscope. We believed that this was caused by the insertion of the amphipathic helix into the membrane, and this was confirmed by electron paramagnetic resonance (EPR) experiments carried out in California by our collaborator Ralf Langen. In these experiments, each amino acid residue along the helix 0 was mutated to cysteine, a spin label was attached and the labeled protein added to liposomes: the label gives an EPR signal which may be quenched either by a water-soluble paramagnetic ion or by the lipid-soluble O_2 molecule, provided that the label is acces-

Figure 2. When the ENTH domain of epsin binds the head group of sphatidylinositol-(4,5)-bisphosphate (PIP2), its N-terminal region, which is unfolded in the absence of ligand, folds to form an amphipathic helix which inserts into PIP2-containing membranes. (a) The crystal structure of the domain complexed with the head group of inositol-(1,4,5)-triphosphate, with lipid acyl chains modelled (Ford *et al.*, 2002: 361-366). (b) rough model membrane binding, showing helix 0 inserted into the membrane. (c) plot of the ratio of quenching effect by lipid-soluble and water-soluble compounds on spin-labels attached to sequential residues 4 to 14 along helix 0 (see Gallop *et al.* 2006: 2.898-2.910): a high value indicates a residue embedded in the hydrophobic core of the membrane, a low value a residue exposed to the aqueous phase (d) helix residues drawn on a helical wheel, indicating its amphipathic nature.

sible to the quencher. The ratio of the two quenching effects is thus a measure of the accessibility of each side chain to the water and lipid phases, i.e. a measure of how much each residue inserts into the membrane. Langen's results show (figure 2) that helix 0 is indeed inserted into the membrane, and we believe that this insertion is the primary reason for its bending of the membrane.



Another way that a protein can force curvature on a membrane is by having a curved shape itself. When we determined the structure of the dimeric BAR domain of amphiphysin (Peter *et al.*, 2004: 495-499), we were surprised by its curved banana shape (figure 3). Like epsin, when amphiphysin is added to negatively-charged liposomes, it curves them into tight tubules, through its positively charged concave surface, though it lacks epsin's specificity for particular lipid headgroups. Sequence database searches have shown that there are a large number of BAR domains, which can be sub-divided into various classes. From further investigation, it seems that the BAR domain on its own is often not particularly efficient at bending membranes, so many proteins have BAR domains in tandem with another membrane binding domain, such as a PH or PX domain, or as in the case of amphiphysin and endophilin, an N-terminal amphipathic helix which inserts in to the membrane, making an N-BAR domain (endophilin contains another amphipathic helix in the middle of the first main helix of the coiled-coil). Other BAR domain proteins, such as arfaptin, bind to small GTPases which aid their membrane binding. In the case of the N-BAR proteins amphiphysin and endophilin, as for epsin, there is direct evidence from spin-label studies that the N-terminal region folds up into an amphipathic helix which inserts into the membrane (Gallop *et al.*, 2006: 2.898-2.910), and this causes the membrane tubulation: the helix insertion may indeed be more important than the curved shape of the BAR domain. However, the curved shape of the domain is important in controlling the size of the induced curvature: we have found that the shallower curvature of the so-called F-BAR domain, found in a number of proteins including FCHo2 (figure 3 and Henne *et al.*, 2007: 1-14), induces the formation of much larger tubules. Other groups have found that proteins from a more distantly related family, including the proteins IRSp53 and MIM, have a

convex shape and induce inverse membrane tubulation, forming invaginated tubes inside liposomes (Millard *et al.*, 2005: 240-250, and Mattila *et al.*, 2007: 953-964): these domains have been named I-BARs (inverse BARs). It seems that the numerous proteins of the BAR domain family have a wide repertoire of functions in driving and sensing membrane curvature in a large variety of membrane remodelling events in the cell.

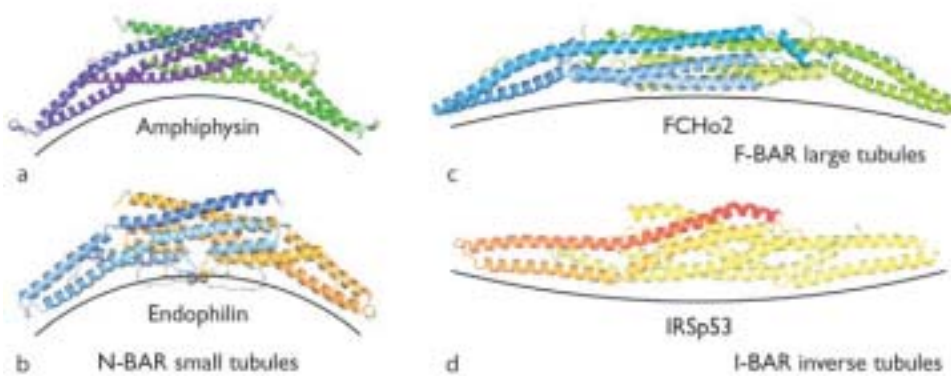


Figure 3. Structure of BAR domain dimers. (a), (b) N-BAR domains such as in amphiphysin (Peter *et al.*, 2004: 405-499) and endophilin (Gallop *et al.*, 2006: 2.898-2.910) bend membranes into small tubule; (c) F-BAR domains such as FCHo2 have a shallower curvature and bend membranes into large tubule; (d) I-BAR domains such as IRSp53 (Millard *et al.*, 2005: 240-250) and MIM (Mattila *et al.*, 2007: 953-964) have an inverse curvature and bend membranes into inverse tubules.

Conclusions and acknowledgements

A crystal structure of a protein is never sufficient for the understanding of how it works, but is invaluable in defining the framework for an understanding of a complex molecular machine such as those involved in vesicle formation and trafficking. It is the start of the story, rather than its end. Understanding what is happening in the cell requires investigations by many different techniques, and I have had the privilege of working with colleagues who understand more about the biology than I do, particularly in my close collaborations with Harvey McMahon in the Laboratory of Molecular Biology, and with David Owen across the road in the Cambridge Institute for Medical Research, as well as all the members of my and their groups over the last 10 years or so. Our collaboration with Ralf Langen at the University of Southern California to explore membrane binding using spin-labels has been invaluable in showing rather directly what is happening when a soluble protein binds to a membrane, something which is difficult to achieve by any other technique. Most of all, fitting all these bits of information together has been fun.

Pórtico posterior
del edificio *Rockefeller*
(colección Salvador Guerrero)



Optimal Isotope Labeling for NMR Protein Structure Determinations- the SAIL Method

Masatsune Kainosho

Nagoya University y

Tokio Metropolitan University

Nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy has become one of the two principal methods, along with X-ray crystallography, for determining the three-dimensional structures of proteins. NMR spectroscopy is known as a unique method to determine the three-dimensional structure of proteins in solution, where proteins behave as they do in cells. Nevertheless, its potential has been severely hampered by the difficulty of interpreting complex NMR spectra. We have recently developed a stereo-array isotope labeling (SAIL) method that can overcome many of the problems associated with structure determinations even for larger proteins (Kainosho *et al.*, 2006: 52-57).

The basic strategy of the SAIL method is to prepare protein samples composed exclusively of SAIL amino acids, such as those listed in figure 1. This labeling pattern preserves the through-bond connectivity information needed for backbone and side chain assignments, eliminates the need for stereosp-

cific assignments, simplifies measurements of spin couplings, and removes the most serious sources of spin diffusion so as to improve the accuracy of inter-proton distance measurements. Lines are sharpened by both decreasing long-range couplings and suppressing dipolar relaxation pathways. The methyl and methylene labeling patterns simplify the analysis of the motional properties of the side chains from relaxation measurements. The aromatic ring labeling strategy removes the one-bond ^{13}C - ^{13}C couplings, which often complicate spectra (Torizawa *et al.*, 2005: 12.620-12.626).

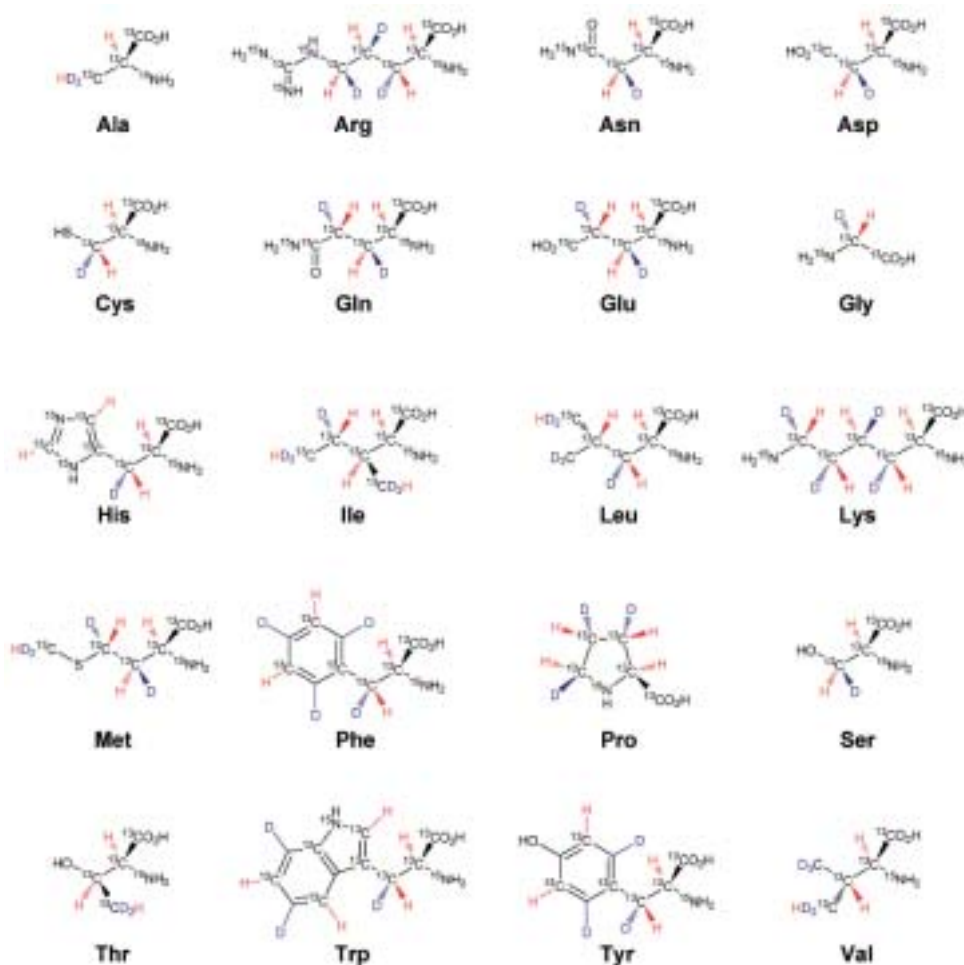


Figure 1. Chemical structures of the SAIL amino acids incorporated into calmodulin and maltodextrin binding protein.

Efficient incorporation of SAIL amino acids into the protein of interest is achieved by an *Escherichia coli* cell-free protein synthesis system optimized for the preparation of isotopically labeled NMR samples (Torizawa *et al.*, 2004: 311-325). By following the protocol, the SAIL amino acid mixture (55 mg) yielded 5.5 mg of purified SAIL-calmodulin (CaM), the 17-kDa calcium binding protein

from *Xenopus laevis*, and 5.3 mg of purified SAIL-MBP, the 41-kDa maltodextrin-binding protein from *E. coli*. ^1H - ^{13}C CT-HSQC NMR data sets collected from SAIL and uniformly ^{13}C , ^{15}N -labeled CaM clearly demonstrate the superiority of the SAIL method (figure 2).

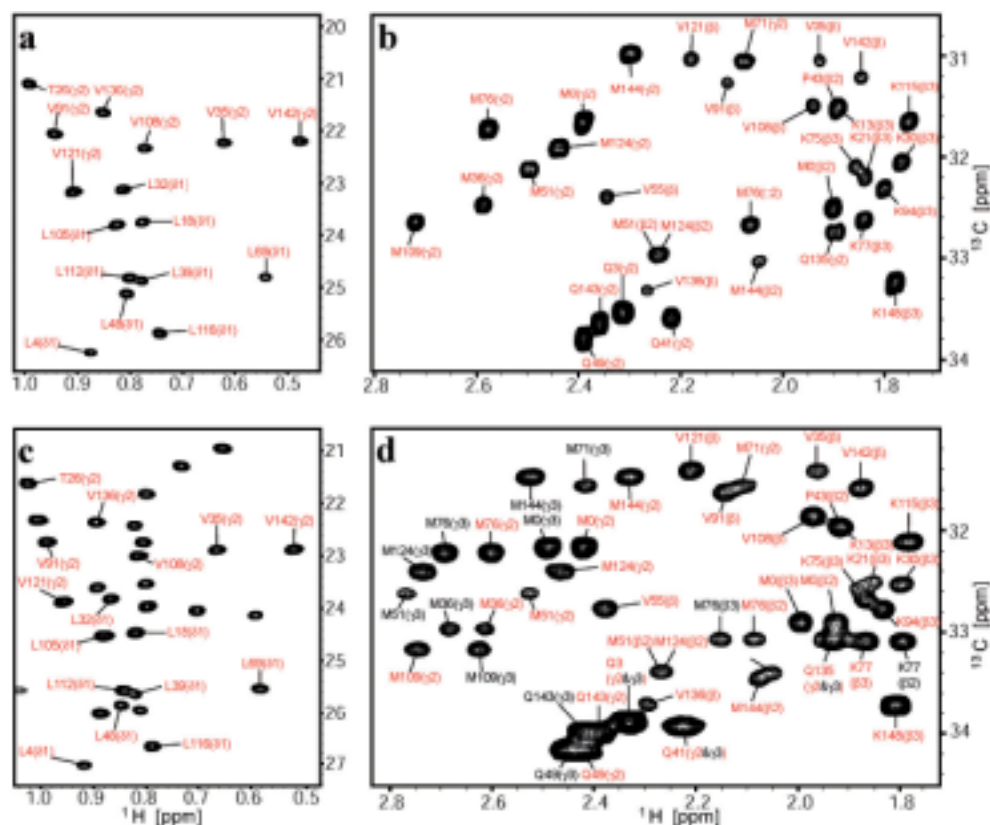


Figure 2. ^1H - ^{13}C CT-HSQC spectra of CaM. a. SAIL-CaM, methyl region. b. SAIL-CaM, aliphatic region. c. UL-CaM, methyl region. d. UL-CaM, methylene region.

All peaks benefited from improved sensitivity and resolution, which allowed the signals of SAIL-CaM to be assigned readily by conventional manual methods, and possibly by fully automated assignment methods. The expected ^1H , ^{13}C and ^{15}N chemical shifts could be assigned without exception for SAIL-CaM and 94% for SAIL-MBP, including more than 90% of the aliphatic and aromatic side chain protons. Distance restraints for the structure calculation were obtained from three-dimensional ^{15}N - and ^{13}C -edited NOESY spectra. On the basis of the simplified and more quantitative NOESY spectra, we were able to determine the structures of SAIL-CaM and SAIL-MBP by means of the combined automated NOE assignment and structure calculation protocol in the program CYANA. The solution structures of SAIL-CaM and SAIL-MBP (figure 3) show good quality in terms of the agreement with the experimental data and other validation parameters.

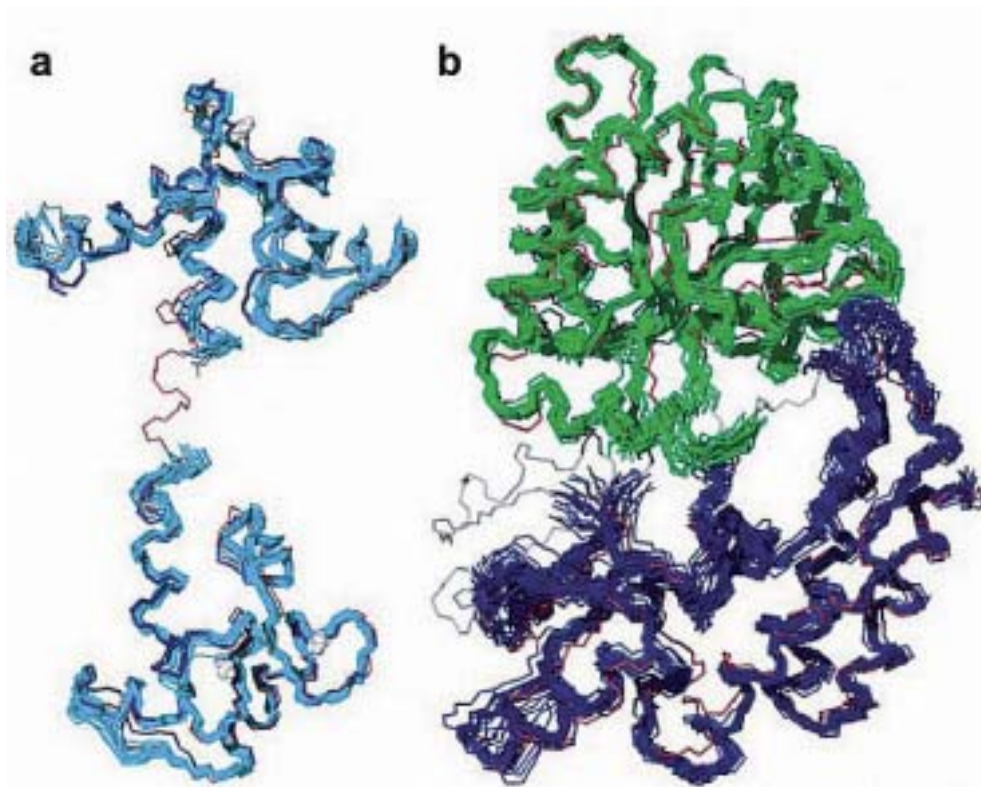
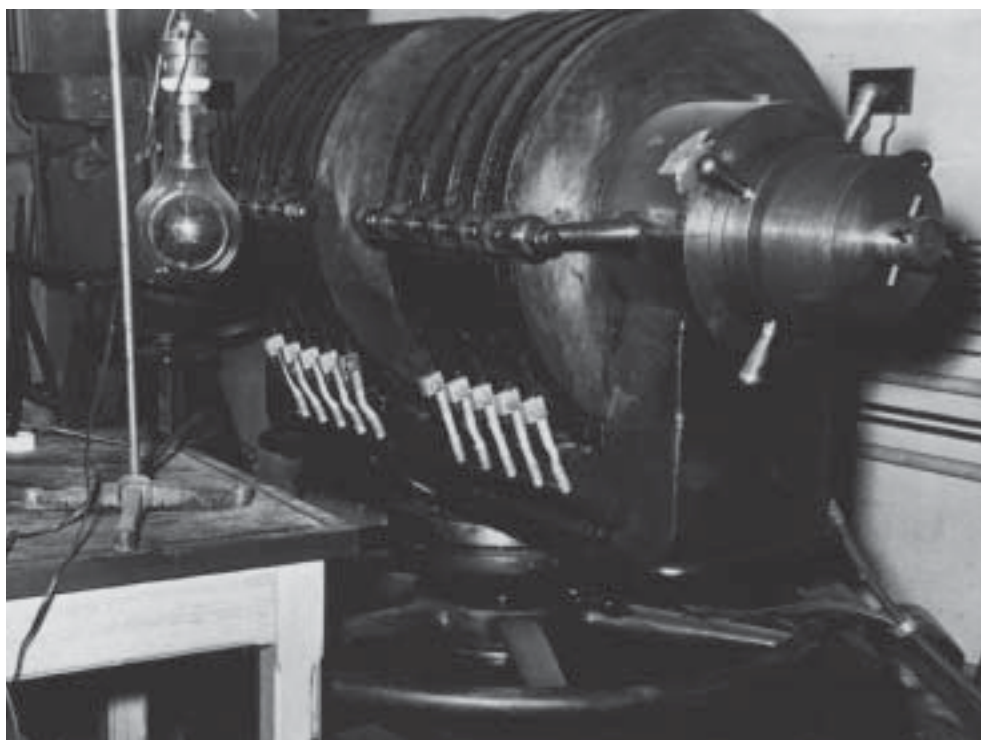


Figure 3. CaM and MBP solution and crystal structures. A, SAIL-CaM (backbone in cyan, Ca²⁺ in white), CaM X-ray structure (red), and three conformers of UL-CaM determined from RDC data (blue). B, MBP solution and crystal structures. Backbone of the N-terminal domain (SAIL-MBP in green, X-ray in red) and the C-terminal domain (SAIL-MBP in blue, X-ray in red).

We also demonstrated the utility of the SAIL method for other proteins, such as ubiquitin (8k), EPP1b (18k), *Streptomyces subtilisin* inhibitor SSI (23k as the dimer), and *Arabidopsis thaliana* At3g16450 (30k). SAIL offers sharpened lines, spectral simplification without loss of information, and the ability to rapidly collect the structural restraints required to solve a high-quality solution structure for proteins much larger than those commonly solved by NMR. SAIL thus makes a large class of proteins newly accessible to detailed solution structure determination. Some other applications of the SAIL approach to investigate various aspects of protein structure and dynamics will also be discussed.



Generador antiguo (IQFR)

Optical Technologies in the Service of the Future of Our Past

Costas Fotakis

*Institute of Electronic Structure and Laser, IESL,
Foundation for Research and Technology, FORTH*

The conservation of artifacts and antiquities is central for the knowledge and preservation of our cultural heritage. The difficulties encountered in fulfilling this task successfully are largely due to the fact that cultural heritage materials and objects are diverse and dispersed, often suffering from different causes of natural or anthropogenic degradation, deterioration and condition. A complete knowledge of the materials involved and an optimal implementation of conservation methodologies relies on the existence of the effective tools for non-invasive diagnosis and safe intervention. Modern optical science and technologies play a key role in the development of non-destructive analysis, enabling the development of adaptable and complementary analytical and structural diagnostics techniques, as well as, the introduction of effective and safe object maintenance practices such as cleaning and restoration. In particular, state of the art advanced light sources such as synchrotrons and lasers, combined with

modern detection and imaging systems provide powerful combinations appropriate for a variety of challenging applications. Recent advances in this field will be highlighted and arising prospects will be discussed.

Nowadays, cultural heritage materials, deterioration products and pollutants may be studied and identified in synchrotron installations by means of a variety of modern optical technologies, including X-ray transmission, fluorescence and backscattering spectroscopies. Of particular interest in this respect is the non-destructive investigation of art and archaeological objects with stratigraphic sensitivity which is now possible using 3D micro-XRF spectroscopy with a confocal set up, possible both in synchrotron radiation sources and table top arrangements (Kanngiesser *et al.*, 2005: 41). This technique has allowed in depth sensitive measurements in painted artifacts, providing elemental distributions and local chemical composition as well as phase transformation and all non-destructively. The high spectral quality and high lateral resolution of synchrotron radiation also allows micro-spectroscopic analysis in the IR and other spectral regions, permitting new insight into the composition and distribution of both organic and mineral components in cultural heritage objects (Salvadó *et al.*, 2002: 215, and Cotte *et al.*, 2005: 105).

Laser induced fluorescence, laser plasma and Raman spectroscopies have been proven successful in a range of applications for elemental or compound identification at a micron-level scale. The implementation of combinations of these techniques may provide complementary data, improving the quality of information obtained (Fotakis *et al.*, 2006). Multispectral imaging and laser spectroscopic techniques may also provide the possibility for the on-line monitoring and control of intervention processes during conservation. Furthermore, remote sensing and sophisticated imaging techniques in new wavelength regions e. g. in the THz spectral range, are currently emerging, paving the way to new, high potential and challenging applications (Grönlund, Lundqvist and Svanberg, 2006: 853-859, and Nguyen *et al.*, 2006: 2.123). Exploitation of laser filaments propagating over long distances is an interesting development in this respect (Tzortzakis, Anglos and Gray, 2006: 1.139). Besides the non-intrusive character of these techniques, the availability of mobile spectroscopic equipment, when transportable laser sources are used, expands the access to highly valued artifacts and objects for analysis *in situ*, thus eliminating the need to transport objects to the laboratory, and allowing the study of immovable objects without taking samples.

Diagnosis of the structural state of cultural heritage objects may be achieved by using appropriate variations of laser interferometric techniques. In particular, integrated systems of digital holography, laser Doppler velocimetry, as well as optical coherence tomography allow the determination of invisible defects such as cracks and detachments in the bulk of artifacts and may be used to rapidly generate maps of areas of risk or inhomogeneity within an object (Tornari, 2007: 761, and Targowski, Góra and Wojtkowski, 2006). The load imposed due to object handling or fluctuations in environmental conditions may be accurately assessed by these techniques.

A variety of laser systems emitting pulses of nanosecond or longer duration have been used successfully for the cleaning of artifacts and monuments. The

intrusive character of laser cleaning imposes the need for case-specific optimization of the laser parameters employed. Also, the better understanding of the details of laser ablation, the fundamental process on which laser cleaning relies, and the potential consequences of laser irradiation of a variety of cultural heritage materials has greatly improved the quality and range of these applications (Fotakis *et al.*, 2006; Rebollar *et al.*, 2006a: 16.452, y b: 14.215).

Pluma de ablación láser y muestra de una piedra del programa de investigación del departamento de Química Láser del IQFR. Se estudia el proceso de ablación láser, con radiación pulsada, de muestras de diferentes materiales recubiertos de pinturas seleccionadas y se analiza usando *laser induced breakdown spectroscopy*, LIBS (IQFR)



Besides the established use of lasers emitting pulses of nanosecond duration for cleaning applications, femtosecond lasers also present interesting new possibilities for particularly demanding conservation problems (e. g. for cleaning of polychromy and sensitive materials, like those used in modern paintings). It is the extremely high spatial resolution of the ablation processes and the minimal thermal and photochemical effects in the substrate which may be achieved by using femtosecond lasers that leads to the success of these applications (Pouli *et al.*, 2007).

Overall, advances in optical technologies improve and broaden the service which they may offer for the preservation of cultural heritage. This, being a strongly multidisciplinary field, requires the close interaction of physical scientists and engineers with conservators, archaeologists, art historians and other scholars for delineating the emerging prospects and defining the existing limitations.

Apéndice

Centros e institutos que surgieron del Rockefeller

1932	INSTITUTO NACIONAL DE FÍSICA Y QUÍMICA (I.A.F.)		1937
SECCIONES			1940
Electricidad B. Cabrera			1946
Rayos X Cátedra Cajal J. Palacios			1955
Espectrografía M.A. Catalán			1967
Química-Física E. Moles			1975
Química-Organica A. Madinaveitia			1991
Electroquímica J. Guzmán			2002
			2007
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS			
INSTITUTO DE QUÍMICA ALONSO DE STA. CRUZ			
Óptica y Espectroscopia	INSTITUTO ÓPTICA	Visión Espectros Óptica Técnica	1964
Electricidad y semiconductores	↑		1972
Magnetismo	↑		1991
Estructuras cristalinas inorgánicas	↑		1993
Análisis estructural y determinación de estructuras orgánicas	↑		2002
Sección de Química Física e Inorgánica	INSTITUTO QUÍMICA FÍSICA	Secciones de: Electroquímica; Química Física de los Procesos Industriales; Termodinámica Química; Calorimetría; Cinetoquímica; Catalisis; Química Física de Superficies y Coloides; Espectroscopia Molecular; Radioquímica; Rayos X; Electroquímica	1975
Sección de Química Orgánica	INSTITUTO QUÍMICA FÍSICA ROCASOLANO	Secciones de: Síntesis Orgánica Productos Naturales Química Orgánica Teórica Bioquímica Química Médica Enzimoquímica Análisis Química Macromolecular Caucho Tecnología, Transf., Desarrollo	1991
Sección de Química Analítica	INSTITUTO DE QUÍMICA FÍSICA ROCASOLANO		2007
			1932
INSTITUTO DE QUÍMICA FÍSICA ROCASOLANO			
Dptos. CATALISIS	INSTITUTO DE CATALISIS		1932
Cinetoquímica	Catalisis heterogénea Catalisis homogénea Catalizadores Catalisis aplicada y desarrollo		1937
Espectroquímica y Espectroscopia	INSTITUTO DE ESTRUCTURA DE LA MATERIA (IEM)		1991
Rayos X	Física Teórica Química Cuántica Estructura Molecular y Espectroscopia Física Macromolecular		2002
Química Física Superficies y Electroquímica	EUI		2007
Termodinámica	Cinetoquímica y Radioisótopos		1993
Termoquímica	Cristaloquímica		2002
Radioisótopos	Electroquímica		2007
Estructura Molecular y Espectroscopia	Fotoquímica y Mecánica Estadística		1993
Espectroquímica	Química Física de Interfases		2002
Física Teórica	Química Física de Macromoléculas Biológicas		2007
			1932
INSTITUTO DE QUÍMICA FÍSICA ROCASOLANO			
DEPARTAMENTOS			1932
Biofísica			1937
Cristalografía			1991
Espectroscopia y Estructura Molecular			2002
Estructura y Dinámica Molecular			2007
Química Física de Interfases y Electroquímica			1993
Química Física de Macromoléculas Biológicas			2002
Química Láser			2007
Laboratorio de Geocronología			1932

**Galería de directores
del Instituto de Química Física Rocasolano
del Consejo Superior de Investigaciones Científicas**



Antonio Rius Miró
(1946-1972)



Juan F. Llopis Martín
(1970-1972)



Manuel Colomina Barberá
(1972-1976)



José Herranz González
(1977-1979)



Francisco Colom Polo
(1979-1992)



Alberto Ulises Acuña
(1993)



José A. García Domínguez
(1994-2001)



Margarita Martín Muñoz
(2001-2006)



Enrique Lomba García
(2006-)

La gente del Rockefeller, 2008
(fotografía de Aiona Goñi, SPCSIC)



Personal de los centros del edificio Rockefeller (1932-2008)

Luis de la Vega

Compilador: Instituto de Química Física (CSIC)

PERSONAL DEL INSTITUTO NACIONAL DE FÍSICA Y QUÍMICA (1931-1939)

Personal científico

Nombre	Años	Nombre	Años
ALEIXANDRE FERRANDIS, Vicente	1932-1936	BATUECAS MARUGAN, Tomás	1931-1932
ALVAREZ-UDE AGUIRRE, Pilar	1932-1934	BERNIS MADRAZO, Rosa	1933-1936
AMAT BARGUES, Miguel	1933-1935	BRU VILLASECA, Luis	1931-1936
ANTONES, M. T.	1935-1936	CABRERA FELIPE, Blas	1931-1937
ANTONES, P.	1933-1934	CABRERA SÁNCHEZ, Nicolás	1933-1934
ARA BLESA, Antonio	1932-1939	CASASECA, P.	1931-1934
ARMESTO, P.	1931-1934	CATALÁN SAÑUDO, Miguel A.	1932-1936
ARNAL, Vicente	1933-1934	CATALÁN, T.	1933-1934
BARASOAIN, J. A.	1931-1934	CEREZO, José	1931-1932
BARBERO REBOLLEDO, Pura	1934-1936	CIERVA VIUDES, Piedad de la	1932-1936
BARNES GONZÁLEZ, Adela	1931-1934	CORRO, J. del	1933-1934
BARNES GONZÁLEZ, Dorotea	1931-1934	COSTI, C.	1939-?
BARNES GONZÁLEZ, Petra	1932-1936	CRESPI JAUME, Miguel	1931-1939
BARREDO	1931-1932	DELLMANS BASCONES, Pedro	1931-1934

Física y Química en la Colina de los Chopos

Nombre	Años	Nombre	Años
DÍAZ LOPEZ-VILLAMIL, Constantino.....	1931-1932	MARTÍN RETORTILLO, Narcisa	1932-1934
DOETZCH SUDHEIM, Jorge.....	1933-1934	MARTÍNEZ SANCHE, Pilar	1931-1934
DUPERIER, Arturo.....	1931-1937	MAYORAL GIRAUTA, Carmen.....	1932-1936
DURAN MIRANDA, Armando.....	1935-1936	MEDINA-CASTELLANOS, S.....	1932-1936
ESCRIBANO NEVADO, Antonio	1931-1934	MILHEIRO, E.....	1933-1934
ESPURZ SÁNCHEZ, Antonio.....	1933-1934	MINGARRO SATUE, Antonio.....	1932-1936
FAHLENBRACCH, H.	1933-1934	MIRAVALLS, J.....	1933-1934
FEO GARCÍA, Roberto	1934-1935	MOLDENHAUER, S.....	1932-1932
FERNANDEZ.....	1931-1932	MOLES ORMELLA, Enrique.....	1931-1936
FERNANDEZ FOURNIER, Asunción.....	1933-1934	MONTAUD, G.....	1933-1936
FOLCH, F.....	1933-1934	MORA, Antonio	1933-1934
FOZ GAZULLA, Octavio.....	1931-1936	MUEDRA BENEDITO, Vicente.....	1934-1936
GALLONI, E.....	1933-1934	NAVARRO, L.....	1933-1934
GARAYZABAL HEDLEY, María Luisa	1934-1936	NOGAREDA DOMENECH, Carlos.....	1931-1934
GARCÍA, G.....	1933-1934	OLAY, E.....	1931-1934
GARCÍA AMO, Carmen	1931-1932	OLLERO, A.....	1937
GARCÍA DE LA CUEVA, Joaquín	1931-1936	OROZCO	1931-1932
GARCÍA GONZÁLEZ, Francisco.....	1933-1934	ORTIZ DE LANDAZURI, Manuel.....	1935-1936
GARCÍA DE PAREDES, Pablo.....	1932-1936	OTERO NAVASCUES, José María	1932-1939
GARCÍA SUELTO, María Aragón	1932-1934	PALACIOS MARTÍNEZ, Julio	1931-1939
GARCÍA TAPIA, C.....	1931-1932	PANCORBO, L.....	1933-1934
GARCÍA DEL VALLE, María Paz	1931-1934	PARDO GARCIA-TAPIA, Carmen.....	1932-1934
GARCÍA VIANA, Antonio.....	1932-1936	PARDO GAYOSO, Dolores	1931-1932
GARRIDO MARECA, Amelia.....	1931-1934	PARTS, A.....	1933-1934
GARRIDO MARECA, Julio	1935-1937	PERAN GONZÁLEZ, José Ramón	1933-1934
GAVIOLA, E.....	1933-1934	PEREIRA, Enrique	1932-1936
GIL, H.....	1933-1934	PEREZ-VITORIA, Augusto.....	1931-1938
GIRAL GONZÁLEZ, Francisco.....	1932-1936	PIÑA DE RUBIÉS, Santiago.....	1931-1937
GÓMEZ CAAMAÑO, José Luis	1934-1939	QUINTERO, L.....	1933-1939
GÓMEZ MUJICA, E.....	1933-1934	RAITH, F.....	1933-1934
GONZÁLEZ.....	1931-1932	RANCAÑO RODRÍGUEZ, Adolfo.....	1931-1934
GONZÁLEZ, Adolfo	1933-1934	RIAL, M.....	1936
GONZÁLEZ AGUADO, Josefina	1933-1936	RIBAS MARQUES, Ignacio	1931-1934
GONZÁLEZ DE BARCIA, Jesús.....	1932-1936	RÍOS GARCÍA, José María	1933-1936
GONZÁLEZ BARREDO, J.....	1933-1939	RIVOIR ALVAREZ, Luis	1933-1939
GONZÁLEZ GONZÁLEZ, Antonio	1931-1934	RODRÍGUEZ PIRE, Lucas	1931-1935
GONZÁLEZ NUÑEZ, Fernando	1933-1939	RODRÍGUEZ ROBLES, Carlota	1931-1932
GONZALO GONZÁLEZ, Federico.....	1935-1936	RODRÍGUEZ VELASCO, Julián	1931-1939
GORNI, M.....	1931-1934	ROE CARBALLO, María Concepción.....	1934-1936
GUTIÉRREZ CELIS, Maximiliano.....	1931-1936	ROMÁN ARROYO, José María.....	1934-1936
GUZMAN CARANCIO, Julio.....	1931-1939	ROQUERO SANZ, Cesar.....	1931-1937
HERRERO AYLLON, Carmen.....	1934-1936	ROQUERO, José María	1932-1936
HERRERO ORTIZ, G.....	1931-1936	RUBIO, A.....	1933-1935
HUARTE, J.....	1933-1934	SAENZ DE BURUAGA, J.....	1931-1932
HUIDOBRO, J.....	1933-1934	SALAZAR BERMUDEZ, M. Teresa.....	1931-1935
IGLESIAS, G.....	1933-1934	SALCEDO, R.....	1933-1934
IZU MUÑOZ, Leopoldo.....	1934-1936	SALVIA, R.....	1931-1935
KOCHERTHALER, C.....	1933-1934	SANCHO GÓMEZ, Juan.....	1931-1939
LEMMEL, León	1931-1935	SANROMA, D.....	1931-1932
LEÓN MAROTO, Andrés.....	1931-1936	SANS HUELIN, G.....	1931-1934
LÓPEZ DE AZCONA, Juan Manuel	1932-1939	SANZ DE ANCLADA, José María.....	1931-1936
LOSADA, J.....		SARBIA GONZÁLEZ, Antonio	1932-1936
LLOPIS CARBONELL, Luis.....	1932-1934	SARDAÑA FUENTES, Luis	1934-1936
MADARIAGA, Obdulía de	1932-1934	SELLES, Eugenio	1931
MADARIAGA, Pilar de	1932-1936	SOCIAS VIÑALS, Luis	1933-1934
MADINAVEITIA, Antonio	1931-1934	SOLANA SAN MARTÍN, Luis	1931-1936
MADINAVEITIA, Juan	1931-1936	TORAL, María Teresa	1933-1937
MARTÍN BRAVO, Felisa	1931-1933	TORROJA, Juan M.....	1931-1935

Nombre	Años	Nombre	Años
VELASCO, Emilio	1932-1936	VELASCO CORRAL, Fernando	1932-1939
VELASCO CORRAL, Carlos	1932-1936	VELASCO DURANTEZ, Mariano	1932-1936

Personal no científico

Nombre	Años	Nombre	Años
BUJEDO, Carlos.....	1931-1939	MARTÍNEZ RUBIO, José.....	1936-1939
CARDENAL, Francisco	1931-1939	MUÑOZ GARCIA-ROSELL, Vicente	1931-1936
CARPINTERO, Carmen	1931-1939	PRIETO CORTES, Antonio.....	1932-1936
DORADO, Loreto	1931-1939	RODRÍGUEZ, Ciríaco.....	1931-1939
GÓMEZ VELASCO, Alejandro	1932-1936	SÁNCHEZ ROBLES, Apolonia	1932-1936
LÉRIDA, José	1931-1939	SANZANO GAYOSO, Luis.....	1933-1939
LÓPEZ GUTIÉRREZ, Antonio	1934-1939	URUEÑA, Segismundo	1931-1939

PERSONAL DEL INSTITUTO DE QUÍMICA ALONSO BARBA (1944-1955)

Personal científico

SECCIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA

Nombre	Años	Nombre	Años
BORRELL, S.	1941-1943	LÓPEZ MORALES, Francisco Javier.....	1953-1955
CASARES GIL, José.....	1940-1942	MARTÍNEZ CRESPO, Casildo	1945-1946
CASARES LÓPEZ, Román	1943-1946	MATA, R.....	1940-1941
DOADRIO LÓPEZ, Antonio	1947-1955	MONTEQUI DIAZ-PLAZA, Fernando.....	1949-1955
ESCUADERO, R.....	1941-1942	MONTEQUI DIAZ-PLAZA, Ricardo	1946-1955
FERNANDEZ MARZOL, José María	1952-1955	MONTEQUI HARGUINDEY, Dominica ...	1946-1949
GARCÍA OLMEDO, R.....	1941-1946	MORENO MARTIN, Francisco	1943-1947
GOVANTES BATES, Jesús	1949-1951	PELAEZ, F.....	1944
IRANZO RODRÍGUEZ, Emilio.....	1953-1954	PORTILLO MOYA, Ramón.....	1942-1945
LAMO CABEZA, María Antonia de.....	1946-1950	SANZ DE ANGLADA, José María.....	1940-1941
LEAL LUNA, J.....	1941-1942	VARELA MOSQUERA, Gregorio	1943-1952
LÓPEZ HERRERA, Carlos	1943-1946	VILLANUA FUNGARIÑO, León	1943-1946

SECCIÓN DE QUÍMICA DEL SUELO

Nombre	Años	Nombre	Años
ALBAREDA HERRERA, José María	1940-1941	JÍMENEZ SALAS, J.A.....	1940-1941

PERSONAL DEL INSTITUTO DE CATÁLISIS Y PETROQUÍMICA (1972-1982)

Personal científico

Nombre	Años	Nombre	Años
ALBELLA MARTIN, José María.....	1972	BALLESTEROS OLMO, Antonio	1972-1982
ALMELA ORTIZ, Vicente	1975	BAZO GILBERT, Julián	1973-1977
ARAVENA NAVARRETE, Óscar	1976-1980	BENTABOL MARINAS, Emilio	1975
ARCOYA MARTIN, Adolfo	1973-1982	BLANCO ALVAREZ, Jesús	1972-1982
ARRIAGADA ACUÑA, Renán	1975-1978	BLASINI BENEDETTI, Otto	1972-1973
ASENSIO SOLER, Ángeles	1972-1974	CALVO MONDELO, Fernando.....	1972-1973
ÁVILA GARCÍA, Pedro	1976-1982	CANOSA RODRIGO, Begoña	1975-1978
BAILE MUNTADAS, Manuel.....	1972-1974	CEBALLOS HORNA, Antonio.....	1972-1973

Física y Química en la Colina de los Chopos

Nombre	Años	Nombre	Años
CERVELLO COLLAZOS, José.....	1972-1975	MARTÍN SÁNCHEZ, Rafael.....	1978
CID ARANEDA, Ruby	1972-1974	MARTÍNEZ CASTELLA, Antonio.....	1973-1976
COLL DAVILA, Antonio	1972-1973	MELO FAUS, Francisco	1974-1982
CONESA CEGARRA, José C.....	1975-1982	MENDIOROZ ECHEVERRÍA, Sagrario	1972-1982
CORES SÁNCHEZ, Alejandro.....	1975-1979	MERCADER DE LA FUENTE, Leandro.....	1973-1975
CORMA CANOS, Avelino	1974-1982	MORAIS ANES, José María	1976-1977
CORTÉS CORBERAN, Vicente.....	1978-1982	MORAIS, Fátima	1978-1979
COSTÉS ARROYO, Antonio.....	1972-1982	MORAN MEDINA, Amparo.....	1972-1975
CUENCA SÁNCHEZ DE CASTRO, C.....	1972-1973	MORENO PALOMAR, José	1972-1973
DÍAZ DE LEÓN, Ángel.....	1975	NIETO RODRÍGUEZ BROCHERO, F.J.	1979-1982
DIEZ TASCÓN, Juan Manuel.....	1977-1980	OTT, Roland	1973-1974
FABREGAT MARTÍNEZ, Margarita.....	1975	PAJARES SOMOANO, Jesús	1972-1982
FERNÁNDEZ LÓPEZ, Víctor M.....	1972-1982	PASTOR MARTÍNEZ, Eitel.....	1975-1982
FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, Mercedes	1972-1977	PEDRUELO NUCHE, Fernando	1975
GARCÍA DE LA BANDA, Juan Francisco..	1972-1982	PÉREZ PARIENTE, Joaquín.....	1981-1982
GARCÍA FIERRO, José Luis.....	1974-1982	PÉREZ TORIO, Patrocinio.....	1972-1973
GARCÍA SOTRES, Pilar	1975	RAMOS LEDESMA, Ángel	1972-1974
GIL LLAMBIAS, Francisco Javier.....	1976-1980	REYES NUÑEZ, Patricio	1978-1980
GÓMEZ CHAPARRO, Jesús.....	1973-1975	RODENAS CILLER, Elvira	1972-1973
GONZÁLEZ DE PRADO, José E.....	1972-1974	RODRÍGUEZ GONZALEZ-ELIPE, A.....	1976-1978
GONZÁLEZ TEJUCA, Luis	1972-1982	RODRÍGUEZ TEBAR, Alfredo	1972-5 y 1978
GUIJAN SEIJAS, José M.....	1974-1982	ROJAS, Alfredo	1974-1975
GUTIÉRREZ GONZÁLEZ, Antonio	1975	ROYO MACIÁ, Miguel	1972-1982
HERMANA TEZANOS, Enrique.....	1972-1974	SALVADOR SALVADOR, Pedro	1979-1982
JIMÉNEZ MELENDO, Juan Francisco	1972-1977	SANTA-OLALLA GADEA, Jesús	1972-1973
KREMENIC ORLANDINI, Gojko	1972-1982	SANZ ASENSIO, Jesús	1972-1974
LÓPEZ AGUDO, Antonio	1972-1982	SEOANE GÓMEZ, José L.....	1972 y 1975-82
LÓPEZ DE GUEREÑU, José A.....	1976-1979	SERRANO CASARES, Julián	1977-1982
MARTI MUÑOZ, Jaime.....	1973-1975	SORIA RUIZ, Javier.....	1972-1982
MARTIN DEL RIO, Rafael.....	1972-1975	THOMAS, Horacio	1972

Personal no científico

Nombre	Años	Nombre	Años
AMIGO GARCI-MARTIN, Juan A.....	1972	IZQUIERDO GALVE, Francisco	1974-1982
BENAVENTE ARNAIZ, Fernando	1972-1975	LOMEAN BOTELLO, María Isabel.....	1976-1982
BERNASES TORIBIO, José.....	1972-1975	LÓPEZ QUINTANA, María del Mar....	1972-7 y 1981
BERTRÁN DE LIS BAILLO, Ramón	1976-1982	MANCHA ALVAREZ-ESTRADA, M. J.....	1982-1982
CARRETERO CARRION, Andrés.....	1974-1982	MARTÍN ARRANZ, Concepción	1973-1982
CEINOS RODRÍGUEZ, María del Carmen	1974-1982	MARTÍNEZ CASCANTE, Ángel Luis	1974-1975
CHACÓN LARIOS, Carlos	1972-1982	MOZO PÉREZ, Juan Carlos.....	1973-1975
CHICO JARILLO, Fuensanta	1975-1976	OLIVARES AÑOVER, Guillermo.....	1972-1973
DOMÍNGUEZ MATITO, José	1974-1976	PALACIOS ASUMENDI, José	1974-1975
ESCOBAR DE LA TORRE, Carlos	1975-1981	PÉREZ CUERVA, María Teresa.....	1973-1976
FERNANDEZ MEDARDE, Pilar	1977-1980	PÉREZ FERNANDEZ, Alberto T.....	1975-1980
FOLGADO MARTÍNEZ, María Antonia	1975-1976	PUERTA FERNANDEZ, María Teresa.....	1973-1975
FOLGADO MARTÍNEZ, Rosa María.....	1975-1982	RAMOS JIMÉNEZ, Juan M.....	1974-1982
FONFRÍA FERNANDEZ, María Carmen...	1975-1982	SANTOME GARCÍA, José E.....	1974-1976
GARCÍA DEL CAMPO, Guillermo.....	1972-1974	SOLA MENENDEZ, Francisco.....	1974-1976
GARCÍA PEÑA, Jaime.....	1973-1975	TORREGROSA HIGON, María	1972-1973
GONZÁLEZ NUÑEZ, Antonio.....	1972	TOURAL QUIROGA, Manuel.....	1975-1982
GARCIA-OLIAS REY DE VIÑAS, M.A.....	1972-1982	VEGA-LEAL ROMERO, Juan	1972-1973
IGLESIAS CAÑETE, José E.....	1972-1975		

PERSONAL DEL INSTITUTO DE ESTRUCTURA DE LA MATERIA (1976-1982)

Personal científico

Nombre	Años	Nombre	Años
AGUIRRE DABAN, Eduardo.....	1976-1978	JULVE PÉREZ, Jaime.....	1976
ALONSO SÁNCHEZ, Francisco.....	1979	LEÓN GARCÍA, Juan.....	1976
ANIA GARCÍA, Fernando*.....	1979-	LÓPEZ BOTE, Miguel Ángel.....	1976
ARRIBAS ARIBAS, Carmen.....	1987-1991	LÓPEZ CABARCOS, Enrique.....	1976
ALIZADEH AZIMI, Azar.....	1992-1997	MARECA LÓPEZ, Pilar.....	1979
AHUMDA HERRERO, Óscar.....	1993-1998	MARTÍN CALLEJA, Joaquín.....	1976
BALTA CALLEJA, Francisco José*.....	1976-	MARTÍNEZ HEDO, Sonia.....	2001-2003
BASCONES CARABIA, Alberto.....	1977-1978	MARTÍNEZ DE SALAZAR BASCUÑANA, Javier.....	1976-1982
BELLIDO PÉREZ, Nieves.....	1977	MAZON, María Luisa.....	1981
BERMEJO BARRERA, Francisco Javier.....	1976-1978	MIRET ARTES, Salvador.....	1980
BERMEJO PLAZA, Dionisio.....	1976	MOMPEAN GARCÍA, Federico.....	1981
BRUCEÑA SÁNCHEZ, Ángel M.....	1976	MONTERO MARTÍN, Salvador.....	1976
BUEREN SCHREIBER, Álvaro de.....	1976	MORALES RODENAS, Carlos.....	1981
CAGIAO ESCOHOTADO, M ^a Esperanza..	1976-	MORENO GARCÍA, Benito.....	1979
CALVEZ RUANO, Enrique.....	1980	MOSQUEIRA TORIBIO, Arturo.....	1980
CAÑADA CÁMARA, José Carlos.....	1985-	MUÑOZ CARO, Camelia.....	1985-1988
CRIBADO ESCRIBANO, Pilar.....	1983-1995	NIÑO RAMOS, Alfonso.....	1985-1988
CRUZ CAÑAS, Víctor.....	1981	ORDUNA VELA, María Fernanda.....	1977
DELGADO BARRIO, Gerardo.....	1976-1981	ORZA SEGADA, José Manuel.....	1976
DOMINGO MAROTO, Concepción.....	1976	PERAL FERNANDEZ, Fernando.....	1979
ELOSUA DE JUAN, María Luisa.....	1981	PLANS PORTABELLA, Joaquín.....	1976
ESCRIBANO TORRES, Rafael.....	1976	QUIROS CARCELEN, Mariano.....	1976
EZQUERRA SAZ, Tiberio.....	1983-	RAMÍREZ MITTELBRUNN, Juan.....	1976
FERNANDEZ BERMUDEZ, Salvador.....	1977	RAMÓN MEDRANO, María.....	1981
FERNANDEZ SERRA, Pedro.....	1978	RAMOS DÍAZ, Francisco.....	2001-2003
FLORES AGUILAR-AMAT, Araceli.....	1989-	RODRÍGUEZ, Emilia.....	1981-1982
GARCÍA HERNÁNDEZ, Mar.....	1981	RUEDA BRAVO, Daniel Reyes*.....	1976-
GARCÍA DE JALÓN, Jesús.....	1976-1978	SÁNCHEZ CUESTA, Mercedes.....	1985-1991
GATO RIVERA, Beatriz.....	1981	SANCHIS CABALLER, María Dolores.....	1981
GÓMEZ SAL, María Pilar.....	1976-1978	SANTACRUZ FERNÁNDEZ, Carlos.....	1988-1991
GOMEZ-ALEIXANDRE FDEZ., Cristina....	1976-1977	SANTORO SAIZ, Jorge.....	1979-1982
GONZÁLEZ GASCÓN, Francisco.....	1976	SMEYERS GUILLEMIN, Yves Gabriel*.....	1976
GUTIÉRREZ MUÑOZ, Julio.....	1976	TIEMBLO RAMOS, Alfredo*.....	1976-1982
HERNÁNDEZ LAGUNA, Alfonso.....	1978	VALLEJO LÓPEZ, Beatriz.....	1992-1998
HOYOS GUERRERO, Jaime.....	1981	VILLAREAL HERRAN, Pablo.....	1980-1982
JORDÁN DE URRIES, Fernando.....	1976		

Personal no científico

Nombre	Años	Nombre	Años
CASTILLO DE PEDRO, José Manuel.....	1976	LÓPEZ GARCÍA, Cristina.....	1979-1982
FERNANDEZ CAVERO, Alicia.....	1976	MONTESINOS HUICI, María Ester.....	1976-1982
FRAILE PÉREZ, Milagros.....	1979	RÍO CASTRO, Guillermo del.....	1976
GARCÍA PEÑA, Jaime.....	1976	VEGA SERRADA, Luis de la.....	1979-1982
GÓMEZ MORILLAS, Apolo.....	1979		

* Personal que perteneció al Instituto de Química Física hasta 1976

Nota: Desde que se creó el Instituto de Estructura de la Materia en 1976 hasta principios de la década de 1990, diferentes departamentos del mismo se fueron trasladando paulatinamente a otros edificios, con la excepción del de Física Macromolecular, que permaneció en el *Rockefeller*. Los miembros de este departamento que trabajan actualmente en ese edificio son los que se señalan con un guión «-» en la columna de los años.

PERSONAL DEL INSTITUTO DE QUÍMICA ALONSO BARBA (1944-1967)

(QUÍMICA ORGÁNICA Y PLÁSTICOS)

Personal científico

Nombre	Años	Nombre	Años
ACEBAL SUAREZ DEL VILLAR, B.	1952-1956	ESCORUELA VIDAL, Andrés	1943-1945
ACOSTA LUQUE, Jose Luis	1965-1967	ESCUDERO, R.	1941-1942
ACHON SAMBLANCAT, M. Antonio	1947-1957	ESPINOSO DE LAS HERAS, Julia	1959
ADELLAC GONZÁLEZ, Fernando	1957-1960	ESTADA GIRAUTA, María del Carmen	1949-1952
AGOSTA LUQUE, Francisco	1963-1965	ESTREMERÁ PIÑOL, Haydee	1961-1964
AGUADO BOTO, Laura	1958-1960	FARIÑA PÉREZ, Francisco	1948-1967
ALBEROLA FIGUEROA, Ángel	1953-1967	FERNANDEZ ALVAREZ, Eldiberto	1951-1967
ALCAIDE GARCÍA, Antonio	1961-1966	FERNANDEZ BALLESTEROS, Josefa	1957-1960
ALEMÁN VEGA, José	1949-1956	FERNANDEZ BRAÑA, Miguel	1962-1964
ALEMANY SOTO, Antonio	1953-1967	FERNANDEZ CELLINI, Ricardo	1947-1950
ALONSO CORTIGUEIRA, Gregorio	1958-1967	FERNANDEZ CRIADO, Francisco	1956
ALONSO LOZANO, Mario Ángel	1954-1958	FERNANDEZ GONZÁLEZ, Manuel	1963-1965
ALONSO RIOBELLO, Luis	1958	FERNANDEZ LÓPEZ, María Amalia	1964
ALVAREZ GONZÁLEZ, Francisco	1948-1951	FERNANDEZ MARTIN, Gonzalo	1943-1952
ALVAREZ VAQUERIZO, Emilio	1964	FERNANDEZ NAVARRO, Enriqueta	1963-1966
ALVERDI LÓPEZ, Enrique	1958-1959	FERNANDEZ RAMÍREZ, Rafael	1956-1958
AMAT GUERRI, Francisco	1961-1964	FERNANDEZ SUAREZ, Benito	1956-1958
ANCOSO MARINA, Manuel	1953-1957	FERRÉ TEJERA, Santiago	1958
ANDREU FERNANDEZ, Magdalena	1958-1960	FERRER DIENING, Pedro	1962-1964
ANGUITA DELGADO, Ramón	1954-1955	FONTAN YANES, José	1945-1967
ÁNGULO ARAMBURU, Jerónimo	1957-1960	FONTANA GORIA, Mario	1962-1966
ANTÓN MÉNDEZ, Gisela	1956-1958	FRANCO VERA, Luis	1964
ARASARRI ARREGUI, Luis María	1965-1966	FUENTE COBOS, José María de la	1951-1952
ARRANZ ALONSO, Félix	1958-1967	GARCÍA BAÑON, María Inés	1956-1958
ARRESE SERRANO, Félix	1958-1959	GARCÍA BILBAO, Jose Luis	1952-1961
ASENSIO TAPIA, Santiago	1956	GARCÍA BLAIRZY, Cristóbal	1955-1957
BALUJA MARCOS, Gonzalo	1947-1967	GARCÍA BORDAS, Jose Antonio	1963-1967
BARRALES RIENDA, Jose Manuel	1966-1967	GARCÍA CONDE, Jose Ramón	1946-1949
BARTOLOMÉ SÁNCHEZ, Vicente	1960-1962	GARCÍA FERNAUD, Julio	1956
BELLO ANTÓN, Antonio	1962-1967	GARCÍA MANZANO, Fernando	1963-1964
BENITO ARMERO, Francisco	1961-1962	GARCÍA MINGUEZ, Martín	1963-1965
BERMEJO MAYORAL, Jenaro	1955-1960	GARCÍA MUÑOZ, Guillermo	1955-1967
BERNABÉ PAJARES, Manuel	1962-1967	GARCÍA DE LA ROSA, Ezequiel	1960-1962
BONNET SEOANE, Francisco	1963	GARCÍA VARGAS, A.	1953-1954
CALABUIG VILLANUEVA, Francisco	1963	GARRIDO MÁRQUEZ, José	1943-1946
CALAMA CREGO, María Antonia	1962-1966	GARZÓN SÁNCHEZ, Rufino	1955-1967
CALDERÓN MARTÍNEZ, José	1944-1967	GIMÉNEZ CLAVIJO, Javier	1958-1964
CARRASCO PÉREZ, Francisco	1950-1951	GIMÉNEZ RUEDA, Roberto Hugo	1964
CASTILLON BORREGUERO, Pilar	1962-1964	GIMENO BELMONTE, Vicente	1962-1965
CATALÁN ANDREU, Antonio	1955-1957	GÓMEZ, María Carmen	1962
CATALÁN TOBAR, Rogelio E.	1962-1966	GÓMEZ FATOU, José María	1955-1965
CONDE MARTIN DE HIJAS, Justina	1958	GÓMEZ GONZÁLEZ, María del Carmen	1961-1963
CORRAL SALETA, Carlos	1952-1967	GÓMEZ HERRERA, Fernando	1951-1964
CUSTAL ESTARTUS, Francisco	1962	GÓMEZ LÓPEZ, Sagrario	1960
D»OCONASENSI, Amelia	1943-1945	GÓMEZ PARRA, Vicente	1962-1967
DAVILA SÁNCHEZ, Carlos A.	1955-1958	GONZALEZ-BABE OZORES, Santiago	1962-1967
DELGADO MORUNO, Liborio	1956-1957	GONZÁLEZ BARBERAN, Carlos	1961-1966
DÍAZ GARCIA-AURIÑO, Teresa	1958-1966	GONZÁLEZ FERNANDEZ, Enrique	1962-1966
DÍAZ PEÑALVER, María del Carmen	1958-1962	GONZÁLEZ GARCIA-GUTIERREZ, Alejo	1949
DÍAZ ROBLES, Natalia	1951-1956	GONZÁLEZ GONZÁLEZ, Antonio	1943-1946
DIEGO DE LAS HERAS, Alfredo de	1954	GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, Luis	1965-1967
ELORRIAGA RECALDE, Carlos	1951-1967	GONZÁLEZ IBEAS, Juana	1957-1958
ESCOBAR BARCIA, Celia	1962-1964	GONZÁLEZ MARTIN, José María	1965-1966

Nombre	Años	Nombre	Años
GONZÁLEZ PENA, Genoveva	1964-1966	MELENDEZ ANDREU, Enrique	1964-1967
GONZÁLEZ PORQUE, Pedro Ángel	1962-1964	MÉNDEZ MIAJA, Rosario	1963
GONZÁLEZ RAMOS, José	1945-1967	MIELAN RODRÍGUEZ, José Luis	1958-1967
GORDO DE HOYOS, José María.....	1958	MILIAN FERRERES, Mercedes	1961-1964
GRACIAN MICHEO, Dolores.....	1960-1964	MONGE VELA, Antonio	1965-1967
GROSSAUER VALLES, Alberto	1960-1962	MORALES ORTUN, Guillermo	1960-1961
GUILLEN SCAPARDINI, Ana María.....	1960	MORENO MELGAR, Gervasio	1957-1960
GUNTHER NONELL, María Antonia	1960-1964	MUÑOZ MOUTON, Manuel	1953-1957
GUTIÉRREZ ALLER, María Jesús.....	1961-1964	MUÑOZ RIVERA, Ignacio	1965-1967
HARO GALLEGO, Francisco.....	1954	MURO ESCOBAR, Ángeles	1956-1959
HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, Javier.....	1962-1965	NAVARRO BEATO, José	1952-1955
HERRERA, J.....	1958-1960	NAVARRO TORRES, María Isabel	1956-1958
IGLESIAS VÁZQUEZ, María Julia.....	1962-1965	NIETO LÓPEZ, Ofelia	1962-1967
ILLY RUIZ, Hugo	1953-1956	OCHOA DE OCARIZ, Carmen	1963-1964
IÑIGO LEAL, Baldomero	1951-1954	ORBISO VIÑUELAS, José Luis.....	1954-1957
IZQUIERDO GABRIEL, Guillermo.....	1955	ORTEGA SAINZ, Eulogio	1946
JIMÉNEZ GONZÁLEZ, J.....	1954-1955	ORTIZ ROYO, Esteban	1965-1966
JIMÉNEZ SALAS, J.A.....	1940-1941	OTERO, C.....	1958-1959
JORDÁN DE URRIES, María Pilar	1962-1964	PANEA RUIZ, Manuel	1953-1960
LAGUNA CASTELLANOS, Ovidio	1958-1965	PANEQUE GUERRERO, Francisco	1943
LAORGA ENCISO, Ricardo	1951-1958	PARRAS ACOSTA, Carlos de las	1955
LARRAZ MORENO, María Carmen.....	1943-1945	PASCUAL TERESA, Joaquín de	1949
LARREA SOTO, Eduardo	1956-1960	PEDRAJA SUAREZ VIGIL, B. de la	1961
LARUMBE ECHAVARRI, Lucia	1956-1957	PENADES ULLATE, Soledad.....	1965-1967
LEFTER MORATO, María Teresa	1965-1966	PEREÑA CONDE, José Manuel.....	1966-1967
LEIPPRAND, Horst	1961-1963	PÉREZ ALVAREZ-OSSORIO, J. Ramón	1954-1956
LEÓN FERNANDEZ, José Luis	1945-1958	PÉREZ ALVAREZ-OSSORIO, Rafael	1945-1967
LEÓN MARCOS, José Luis	1958-1961	PÉREZ FRAGUERO, Rosario	1965
LÓPEZ APARICIO, Tomás	1955-1958	PEREZ-ILZARBE URIZ, Javier	1956
LÓPEZ MADRUGA, B. Enrique	1966-1967	PÉREZ RAMÍREZ, María Gracia	1958-1962
LÓPEZ MANZANARES, N.	1953-1954	PINAR MARTÍNEZ, Mariano.....	1946-1967
LORA TAMAYO, Manuel	1943-1967	QUIROGA MARTÍNEZ DE PISÓN, D.	1951
LORA-TAMAYO RODRÍGUEZ, Manuel ...	1961-1963	RAMÓN CEBRIAN, Gregorio.....	1946-1955
LORENTE VALPUESTA, José	1960-1964	RELIMPIO FERRER, Ángel María	1962-1964
LUJAN FERNANDINI, Luis	1965-1966	REVILLA FERNANDEZ, José Ramón.....	1960
LUNA DÍAZ, María	1965-1966	REY, J. M.....	1958-1959
MADARIAGA DE LAS HERAS, África	1959-1961	REY GUERRERO, Alfredo del	1957-1961
MADROÑERO PELAEZ, Ramón.....	1950-1967	RIANDE GARCÍA, Evaristo	1962-1967
MAGIAS SANTOS, Antonio.....	1965-1967	RIBERA BLANCAFLOR, Antonio.....	1958-1966
MALLOL LAGE, Margarita	1956-1960	RICO TORNIELLES, José	1958
MARCO CANO, Manuel	1963	RICOURT REGUS, Rosa A.....	1952-1956
MARCOS DE LEÓN MANRIQUE, L.....	1961-1962	RIO AMBRANA, Joaquín del	1962-1967
MARÍN TEJERIZO, Jesús.....	1950-1952	RIVERA HOURCADE, Francisco Javier...	1946-1950
MARTIN ECKARDT, Enriqueta.....	1964	RIVERO ULLOA, Walter	1957-1969
MARTIN GUZMAN, Gonzalo.....	1946-1965	RODRÍGUEZ GABARRON, Facunda.....	1954-1965
MARTIN MUNICIO, Ángel	1947-1967	RODRÍGUEZ GALÁN, Rodolfo	1959-1965
MARTIN PANIZO, Fernando	1942-1967	RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, Benjamín.....	1963-1967
MARTIN RAMOS, María Victoria	1957-1967	RODRÍGUEZ MUÑOZ, Cesar	1964-1965
MARTIN VALLEJO, Gloria	1958-1960	ROJO ADAN, Piedad.....	1964-1966
MARTIN VICENTE, Luis	1954-1967	ROYO MARTÍNEZ, Joaquín	1949-1967
MARTÍNEZ DE ARCOS, José María.....	1958-1960	RUBIO ALBEROLA, Alfonso	1949-1955
MARTÍNEZ FREIRE, Pedro	1963-1964	RUIZ MARTÍNEZ, José Luis	1956-1960
MARTÍNEZ MADRID, José	1965	RUIZ MURILLO, Orlando	1966-1967
MARTÍNEZ MARZAL, José	1957-1960	RUIZ SÁNCHEZ, Felipe	1949-1953
MARTÍNEZ SANCHEZ-PALENCIA, A.....	1962-1965	SALA SOLÉ, Antonio	1964
MARTÍNEZ UTRILLA, Roberto.....	1953-1967	SÁNCHEZ MONGE, María Teresa	1965
MATEO LÓPEZ, José Luis.....	1955-1967	SANCHIS MERINO, María Dolores	1965
MATEOS BEATO, Ana	1965-1967	SÁNCHEZ DEL OLMO, Víctor	1957-1966

Física y Química en la Colina de los Chopos

Nombre	Años	Nombre	Años
SANZ BURATA, Jose Manuel	1951-1954	URRUTIA BASCUR, Hernando	1962-1964
SAÑUDO CONDE, José María	1957-1961	VARGAS PÉREZ, Luis	1960-1962
SATRE MUÑOZ, Roberto	1966-1967	VÁZQUEZ RUBIO, Sergio	1965-1966
SCHNELL HERNÁNDEZ, José	1958-1961	VÁZQUEZ DE LA TORRE, Luis	1954-1964
SEVILLA VELEZ, Josa Luis	1954	VÁZQUEZ VALERO, Manuela	1958-1962
SHIH, Juana	1963-1965	VEGA NOVEROLA, Armando	1961-1965
SOTO CÁMARA, José Luis	1963-1967	VEGA NOVEROLA, Salvador	1961-1965
SOTO MARTÍNEZ, Manuel	1958-1962	VELAZQUEZ MARTIN, Manuel	1964-1965
STUD SCHLUTER, Manfredo	1958-1967	VERA HIDALGO, José	1965-1966
SUAREZ CONTRERAS, Cristina	1956-1962	VERGARA SÁNCHEZ, Franklin	1964-1966
SUNKEL LETELIER, Carlos	1960-1962	VICTORY ARNAL, Pedro	1962-1965
TABERNERO SAN ROMÁN, Alejandro	1954-1958	VIGUERA LOBO, José María	1942-1944
TALLADA CUELLAR, Francisco	1943-1945	YAHYAU JAZAIRY, Salah	1957-1960
TAMAYO ROYUELA, Félix R.	1961-1963	YNFIESTA MOLERO, Juan L. de la	1942-1967
TIJAN RONCHEVICH, Tomislav	1956	ZARATE DOMENECH, Jacobo	1960-1963
TOLEDO MARCO, Wilma	1963-1965	ZULUETA DE HAZ, Carlos	1949-1951
TURVILLE, Ronald P.	1964-1965		

Personal no científico

Nombre	Años	Nombre	Años
ABUIN DE PEDRO, Isaías	1954-1967	HOZ MARTIN, Narciso de la	1960-1967
ANGULO VINUESA, Augusto	1959-1967	HUESO LANCIEGO, Juan Antonio	1949-1967
ARENAS MARTÍNEZ, Santiago	1959-1967	IBÁÑEZ VALBUENA, Ángel	1956-1967
BALBUENA SACRISTÁN, Amador	1954-1967	JIMÉNEZ VACAS, María Isabel	1963-1967
BALBUENA SACRISTÁN, Rafael	1951-1967	LLACER PÉREZ, Ricardo	1956-1967
BARBERO ESTEBAN, Eutíquico	1964-1967	MORENO GUERRERO, Esteban	1964-1967
BAYO CARBÓN, Víctor	1965-1967	NAVAS AREVALO, José	1966-1967
BENITO GONZÁLEZ, Teófilo de	1956-1967	PALACIOS DE LA VEGA, Natividad	1952-1967
CAMPOS MOLINA, Jose María	1966-1967	PALOMO FARIÑAS, Eusebio	1957-1960
CASADO LÓPEZ, María Dolores	1964-1967	PARRA CERRADA, Ángel	1950-1967
CASTRO MATESANZ, José	1956-1967	PERALTA ACEVES, María del Carmen	1958-1967
DELGADO YUSTOS, Dámaso	1959-1967	PLAZA RAMÍREZ, Mercedes	1963-1967
DÍAZ DÍAZ, Antonio	1964-1967	RANSAN CHICHARRO, Tomás	1961-1967
FANDIÑO VÁZQUEZ, Concepción	1961-1963	RIETO HERNÁNDEZ, José Manuel	1947-1967
FERNANDEZ FERNANDEZ, Manuel	1960-1967	ROMERO HERNÁNDEZ, Antonio	1965-1967
GARCÍA BARAHONA, Santiago	1947-1967	SACRISTÁN SANTOS, Teodoro	1965-1967
GARCÍA RODRÍGUEZ, Manuel	1966-1967	SANTOLINO MARTIN, Santos	1965-1967
GARRIDO BARAHONA, Mariano	1957-1967	SEVILLANO RENEROS, Antonio	1952-1960
GOMEZ DE PEDRO, Julio	1951-1967	SOMOLINOS GARCÍA, Daniel	1966-1967
HOZ MARTIN, Antonio de la	1961-1967	SOUTO MARTIN, Jesús	1952-1967

PERSONAL DEL INSTITUTO DE FÍSICA ALONSO DE SANTA CRUZ (1940-1965)

(EXCLUIDA LA SECCIÓN DE ÓPTICA)

Personal científico

Nombre	Años	Nombre	Años
ABBAD BERGER, Manuel	1939-1964	ALONSO LÓPEZ, José	1952-1964
ACHA, Antonio de	1958	ALONSO SAN JUAN, Pilar	1958
AGUDO, Carmen	1946-1948	AMOROS, J. L.	1958
ÁGUILA MALATO, Gerardo del	1958-1961	ARIMANY, L.	1941-1942
AGUILAR, C.	1942-1943	ARROYO, Miguel	1958
AGUILAR, Miguel	1958	ASENSIO AMOR, Isidoro	1948-1953
ALMECH CASTAÑER, Aurelio	1953-1954	AYALA MONTORO, Juan	1960-1961

Nombre	Años	Nombre	Años
AYALA PALACIOS, Ángel J.	1958	HERRERO ALVAREZ, José.....	1961-1965
AYESTARAN TAFALLA, B. Dolores	1940-1941	HORTA GÓMEZ, María del Carmen.....	1958
BADILLO BARALLAT, María Cinta	1953-1958	HUERTA, Ángel	1946-1948
BALLESTER CRUELLAS, Miguel.....	1945-1947	HUERTA LÓPEZ, Fernando	1939-1964
BALTA CALLEJA, Francisco José.....	1959-1965	JARQUE GARCÍA, José	1953
BALTA ELIAS, José	1942-8 y 1953-65	JIMÉNEZ-LANDI, Pedro.....	1942-1943
BARRIOS DORTA, José Manuel.....	1954-1955	JIMÉNEZ TOCA, Ángel	1954-1962
BELTRAN, J.....	1942-1944	LEAL LUNA, Juan de Dios	1941-1943
BERNIS MADRAZO, Margarita	1951	LERIN, Manuel	1948
BLANCO, Luis	1946-1947	LINARES CERCADILLO, Pedro	1949
BLASCO ORIOLA, M.....	1955	LÓPEZ DE LERMA PEÑASCO, Julián.....	1953-1956
CABELLO GAMEZ, J.....	1942-1944	LÓPEZ OTERO, Adolfo	1961-1963
CABRERA, José.....	1959	LÓPEZ PÉREZ, Eloísa	1959-1964
CACERES, José Manuel.....	1952	LÓPEZ DE REGÓ, J.....	1943-1944
CALDERÓN PARADINAS, Juan Vicente...	1962-1965	LÓPEZ DE TAMAYO, Enrique	1950-1951
CANGA	1943	LORENZO CRIADO, L.....	1955
CANUT, María Luisa	1958	LOZANO CALVO, Luis.....	1940-1944
CAÑAS INGLES, Felipe.....	1947-1949	LOZANO PRADILLO, Agustín.....	1962
CARDONA CASTRO, Manuel	1955-1956	MARCOS VILLANUEVA, Francisco	1958-1964
CARESE.....	1943	MARTÍN BLANCO, Aurelio	1961-1964
CARMONA GONZÁLEZ, Francisco	1959-1964	MARTÍNEZ CARRERA, Sagrario	1949-1965
CASALS MARGEN, José María	1952-1954	MARTÍNEZ CRUZ, José	1948-1949
CASARES GIL, José.....	1943-1952	MARTÍNEZ DOMENECH, Francisco	1960
CASTEJON CHACÓN, Jaime.....	1945-1948	MARTÍNEZ MOLINA, Ignacio	1958-1961
CEPAS, José	1948	MENENDEZ, Raimundo	1946-1947
DÍAZ BEJARANO, José	1958	MERA DELGADO, Luciano	1957
EGUES, María	1942-1943	MONTES VILLALON, José	1954-1958
ELIAS CORRALES, José Luis	1962	MORALES VILLASEDIL, Ángel	1958
ERRO IBAÑEZ, Miguel A.....	1964	MORENA, Dionisio de la	1958
ESCUADERO DELGADO, L.....	1941-1943	MORENO FERNANDEZ, María Carmen ..	1958
ESTEVE PASTOR, Ángel	1953-1965	MORENO MUÑO, Manuel	1961-1965
FAYOS ALCAÑIZ, José	1964-1965	NUÑEZ CUBERO, Felisa	1958-1964
FERNANDEZ GONZÁLEZ, Rafael.....	1952-1955	NUÑEZ LAGOS, Rafael.....	1958
FERNANDEZ PEREGRINA, Victorino	1958	OLYJ NYCHENKO, Pablo	1957-1958
GARCÍA ALONSO, José	1958	ORLAND GARCÍA, P.J.....	1940-1941
GARCÍA BLANCO, Severino.....	1948-1965	ORS MARTÍNEZ, José.....	1954
GARCÍA GARCÍA, Ángel	1958-1964	PALACIOS MARTÍNEZ, Julio	1946-1957
GARCÍA MOLINER, Federico	1953-1965	PARDO, P.....	1939-1941
GARCÍA PICAZO, José María.....	1964-1965	PERALES ALCON, Áurea.....	1960-1965
GARCÍA DEL POZO GÓMEZ, Francisco ..	1964	PÉREZ CANTO, Antonio.....	1960-1965
GARCÍA SANTESMASES, José	1942-1944	PÉREZ COUTIÑO, Amalia	1954-1957
GARRIDO, Alejo	1948	POZA MARTÍNEZ, Manuel.....	1959-1965
GARRIDO MARECA, Julio	1946-1948	RAUSELL COLOM, José Antonio.....	1963
GARZÓN BENAVENTE, Bibiano.....	1953-1957	RAYENDRA LAL BANERJES	1958-1959
GIBAJA NUÑEZ, Ascensión	1958	RIAÑO MARTIN, Enrique	1958
GIMÉNEZ ARMENDARIZ, Jesús C.....	1951-1954	RIVOIR ALVAREZ, Luis	1940-1965
GIMÉNEZ HUGUET, Mario.....	1956	RODRÍGUEZ PEDREZUELA, Antonio	1948-1952
GIMENO OTTS, Luis	1948-1949	RODRÍGUEZ VIDAL, Maximino	1948
GISPER, Marcos.....	1948	ROLDAN GARCÍA, Eduardo	1964
GÓMEZ GARCÍA, J. A.....	1948-1949	RUBIO BERNAL, Juan.....	1961-1970
GÓMEZ RUIMONTE, Florentino.....	1946-1965	RUBIO GINER, Miguel	1963-1964
GOMIS GOMIS, Virtudes	1948-1951	RUEDA SÁNCHEZ, Fernando	1959-1963
GONZÁLEZ DEL VALLE, Ángel... 1941-50 y 1953-64		SALCEDO, Ricardo	1940-1944
GUARDABRAZO SOTOCA, Francisca.....	1952-1957	SALVADOR SALVADOR, Pedro	1964-1965
GUIBERT AMON, Miguel.....	1958	SÁNCHEZ BORREGO, Pedro.....	1949-1951
GUIJARRO ALCOCER, Alfredo.....	1942-1947	SÁNCHEZ MORENO, Francisco	1947-1949
GUINEA, D.....	1940-1947	SANTANA, Demetrio.....	1946-1948
GUINEA, María.....	1959	SANVICENS, F.....	1942-1943

Física y Química en la Colina de los Chopos

Nombre	Años	Nombre	Años
SEGOVIA GARCÍA, E.....	1941-1943	VALLE, Gonzalo del.....	1941-1942
SERRA VALS, Alberto	1958	VARGAS, Josefa	1958
SHOICHI ANNAKA	1958	VÁZQUEZ ENCISO, Manuel	1957
SMITH VERDIER, Pilar.....	1948-1965	VELAYOS HERMIDA, Salvador	1940-1964
TOBALINA ESPIGA, Ángel	1961	VIGIL PORALT, Juan.....	1964-1965
TORRES RUIZ, Antonio	1958	VIGON, María Teresa.....	1943-1944
VALLE GARCÍA, Fernando del.....	1964		

Personal no científico

Nombre	Años	Nombre	Años
BLASCO, E.....	1940-1941	MARQUERIE LÓPEZ, Josefina	1949
BUJOSA ROTJER, Andrés.....	1958	REY FERNANDEZ, María Soledad	1963-1965
CARRILLO GARCÍA, Elena	1959-1962		

PERSONAL DEL INSTITUTO DE ÓPTICA DAZA DE VALDÉS (1946-1950)

(INCLUYE LA SECCIÓN DE ÓPTICA DEL INSTITUTO DE FÍSICA ALONSO DE SANTA CRUZ, 1940-1946)

Personal científico

Nombre	Años	Nombre	Años
AGUILAR PERIS, José	1949-1950	GARCÍA RIQUELME, Olga.....	1948-1950
AGUILAR RICO, Mariano	1948-1950	GARCÍA SANTESMASES, José.....	1947-1949
ANCLADA LLOVEDA, Salvador	1948-1950	GODED ECHEVARRÍA, Carlos.....	1949-1950
ARCILLA, José	1950	GUJJARRO HUIDOBRO, José	1943-1950
BARCALA HERREROS, José.....	1949-1950	HONTORIA GARCIA-ORTIZ, Joaquín	1949-1950
BARCELO MATUTANO, José.....	1945-1950	IGLESIAS ROMERO, Laura.....	1950
BAS ARENAN, Leonardo	1946-1947	JIMÉNEZ LANDI, Pedro.....	1941-1950
BELLANATO FONTECHA, Juana	1950	JOURDAN RUPPERT, Margarita.....	1949-1950
CABELLO GAMEZ, José.....	1941-1948	LATOR ROS, Félix	1947-1948
CACHO FALCO, Francisco	1943-1946	LINES ESCARDO, Alberto	1949-1950
CANGA RODRÍGUEZ, Rodrigo	1943-1947	LÓPEZ ENRIQUEZ, Manuel.....	1947-1950
CARRERAS MATA, Luis	1948-1950	LOSADA ESPINOSA, Miguel.....	1950
CARRERAS MATA, Marcelo	1948-1950	MAÑAS DÍAZ, Justo	1947-1950
CARRO MARTÍNEZ, Pilar.....	1946-1948	MARTIN RETORTILLO, María	1946-1950
CASAS PELAEZ, Justiniano	1947-1950	MARTIN TESORERO, Antonia.....	1945-1950
CASERO FERNANDEZ, Luis	1946-1947	MARTÍNEZ AGUIRRE, Rafael.....	1948-1950
CATALA DE ALEMÁN, Joaquín	1942-1950	MARTÍNEZ FERIGLE, Salvador.....	1947-1949
CENTAÑO DE LA PAZ, José	1945-1946	MARTÍNEZ MARTÍNEZ, Ramón	1949-1950
CLAVIJO GUIMERA, Tomás	1948-1950	MAYORAL GIRAUTA, Carmen.....	1950
COELLO, Gloria	1950	NAVASCUES MEDINA, Alberto	1942-1944
CIERVA VIUDES, Piedad de la.....	1940-1950	OLIVA MOLINA, Justo	1950
CRUZ CASTILLO, Antonio de la	1950	ORTIZ FORNAGUERA, Ramón	1947-1950
DURAN MIRANDA, Armando.....	1940-1949	OTERO DE LA GÁNDARA, María Jesús ...	1949-1950
EGUES ORTIZ DE URBINA, María.....	1941-1950	OTERO NAVASCUES, José María	1940-1950
ELORZA MUGICA, Francisco José	1946-1947	PALOMARES CASADO, Manuel.....	1946-1947
ERAUZQUIN AZTEINZA, María Lidia	1947-1949	PEIRO CASTILLO, Rafael.....	1949-1950
FERNANDEZ FOURNIER, Alfonso	1949-1950	PLAZA MONTERO, Lorenzo.....	1944-1950
GALVEZ ARMENGAUD, Diego	1949-1950	POGGIO MESORANA, Francisco	1940-1950
GARATE COPPA, María Teresa	1950	RATTE Y FRIESE, María Isabel	1950
GARCÍA ABRINES, Adolfo.....	1944-1946	RICO RODRÍGUEZ, Fernando.....	1950
GARCÍA DIEZ-PINEDO, Pilar	1946-1950	RUIZ DE PABLO, Tomás.....	1946-1947
GARCÍA MIRANDA, Antonio.....	1946	SAENZ BRETÓN, Antonio	1947-1950

Nombre	Años	Nombre	Años
SAEZ Y FERNANDEZ DE TORO, A.	1949-1950	VELASCO VELASCO, Faustino	1949-1950
SALAVERRI, Fermín.....	1947-1949	VIDAL SANLEHI, José.....	1947-1948
SÁNCHEZ DEL RIO Y SIERRA, C.....	1947-1950	VIGON SÁNCHEZ, María Teresa.....	1946-1950
SARDIÑA GALLEGO, María Teresa	1950	VILA RUIZ, María Rosario	1948-1950
SENENT PÉREZ.....	1948-1950	VILLAR ALBALADEJO, Francisco.....	1950
SOLIS CUELLAR.....	1949-1950	VILLENA PARDO, Leonardo	1949-1950
VELASCO FERRE, Rafael	1949-1950	WEIDERT KOCH, Franz	1949-1950

Personal no científico

Nombre	Años	Nombre	Años
ALONSO URDA, Rafael	1950	MARTIN MARTIN, Manuela	1950
AMUSATEGUI RODRÍGUEZ DE G., Pila ..	1950	MARTÍNEZ DE BARTOLOMÉ, Julia	1945-1950
APARICIO DE MIGUELSANZ, Luisa.....	1950	MARTÍNEZ DE BARTOLOMÉ, M.	1945-1950
AZAROLA FERNANDEZ, Antonio.....	1950	MENENDEZ GARCÍA, María Ángeles	1950
BARROSO GARCÍA, María Carmen	1948-1950	MEYER, Annelise	1949-1950
BENITO LÓPEZ, Vicente	1950	MORENO GALÁN, Cesar.....	1949-1950
CALINO CARRILLO, Mercedes	1943-1950	MUÑOZ JIMÉNEZ, Julián	1950
CASTELLANOS ARCAYA, Carmen	1950	OYEDA BALLESTEROS, Julián	1946-1950
COTALLO SÁNCHEZ, Adoración.....	1950	OYEDA RAMOS, Rafael	1947-1950
CUBILLO TORRIJOS, María Rosario	1950	PASCUAL LARRAMENDI, Faustino	1950
ARCOS MADERA, Andrés de	1949-1950	PEREIRA CABRERA, Florencia	1943-1950
DÍAZ LANERO, Luis	1950	PLAZA AYLAGAS, Pablo	1950
ENJUTO DE LOS CASARES, María Pía	1940-1946	PUERTA JOVER, Julia	1946-1950
GARCÍA RAMOS, Jose Luis.....	1950	RODRÍGUEZ FERNANDEZ, C.....	1943-1949
GÓMEZ CÓRDOBA, Eladio	1950	RODRÍGUEZ FERNANDEZ, E.	1942-1945
GRANDE CUESTA, José.....	1950	SANTAMARÍA MARTÍNEZ, Tomás	1950
GUARDADO SÁNCHEZ, Valentín	1950	SANTIAGO CAVIA, Carmen	1942-1945
HERNÁNDEZ DOMÍNGUEZ, Pilar	1950	SASTRE DEL RIO, Salvador.....	1948-1950
HERRERA PASCUAL, Jose María	1950	SOROAY PLANA, María del Carmen.....	1946-1949
LANCHO HIPÓLITO, María.....	1950	TELLEZ DE MENESES, Félix	1949-1950

PERSONAL DEL INSTITUTO QUÍMICA-FÍSICA ROCASOLANO

Orden alfabético

Nombre	Años	Nombre	Años
ABBUD MÁS, José Luis	1986-	ALEIXANDRE FERRANDIS, Vicente	1940-1945
ABDERRAZAAK, Douhal.....	1986-1988	ALFAYATE BLANCO, Jose Marcos	1963-1965
ABIA PEREZ, Roberto Jesús de		ALFONSO DÍAZ FLORES, Casiano de	1948-1989
ACEÑA MORENO, Victoria.....	1981	ALGARA, S	1957-1958
ACEVEDO ROLDAN, Amparo	1966-1967	ALONSO, María I.	1956
ACUÑA FERNANDEZ, A. Ulises	1966-	ALONSO CASTELLANOS, María Ángeles	1999-2001
AGUADO SOLER, Julián	1962-1963	ALONSO FERNANDEZ, Ángel	1995-
AGUDELO HENAO, Ana Cecilia	1994-1997	ALONSO FERNÁNDEZ, Faustina	1983-1990
AGUIRRE DABAN, Eduardo.....	1972-1975	ALONSO GOMEZ, María Gloria	2000-
AHUMADA HEREDERO, Óscar	1991-1993	ALONSO GONZÁLEZ, Carlos.....	1985-
ALAMEDA RUIZ, María Josefa	1962-1963	ALONSO GUERREIRA, Ascensión	1949
ALBA BASTARRECHEA, Eva de	1994-1997	ALONSO MATHIAS, Fernán	1958-2002
ALBARRAN GÓMEZ, Carmen	1956-1960	ALONSO RON, Delfina.....	1968-1970
ALBELLA MARTIN, Jose María.....	1966-1971	ALONSO SUAREZ-INFANZON, Luis	1960-1963
ALBERT DE LA CRUZ, Armando	1991	ALVAREZ ALVAREZ, J. Manuel.....	1982-1983
ALBERT MARTÍNEZ, Armando	1954-1983	ÁLVAREZ CABRERIZO, Miguel Ángel.....	2005-2005
ALBISU VILLARROEL, Araceli	1946	ÁLVAREZ CHAMORRO, Marta.....	2001-2005
ALCALÁ MARTÍNEZ, Rosario	1975-1979	ÁLVAREZ FERNÁNDEZ, Mayte	1988-2000

Física y Química en la Colina de los Chopos

Nombre	Años	Nombre	Años
ALVAREZ GONZÁLEZ, J. R.....	1954-1958	BARTOLOMÉ, José María	1943-1944
ALVAREZ RODRÍGUEZ, Bernardina	1973-1994	BAZTAN VÁZQUEZ, María Jesús	1967-1970
ALVAREZ RODRÍGUEZ, María Victoria....	1963-2002	BECERRA ARIAS, Rosa.....	1976-
ALVAREZ RUIZ, Jesús	2006-2009	BELACEN, Clara.....	1967
ÁLVARO CAMPOS, Gregorio	1982-1985	BELAUSTEGUI FERNANDEZ, Alejandro ..	1955-1968
AMAT BARGUES, Miguel.....	1940-1943	BELENGUER ENSEÑAT, Ana María	1974-1976
AMIGO GARCI-MARTIN, Juan.....	1971	BELENGUER TORRES, Miguel	1950-1958
ANCA ABATÍ, Ricardo de	1965-1967	BELTRAN MARTÍNEZ, José	1940-1944
ANDRE, Isabelle.....	1997-1998	BENAVENTE ARNAIZ, Fernando	1968-1971
ANDRÉS ARTERO	1967-1969	BENITEZ SÁNCHEZ-VENTURA, Marcelino	1965-1973
ANDRÉS MARTÍNEZ, José.....	1973-1974	BENITEZ DE SOTO, Marcelino.....	1965-1973
ANEDDA, Andrea	2005-2006	BERBERANA EIZMENDI, M.....	1954-1956
ANGUAS BALLESTEROS, Mónica	2002-2003	BERMEJO BARRERA, Francisco Javier....	1975-
ANGULO HERRERA, Iván	2005-	BERMEJO PLAZA, Dionisio	1972-1975
ANTA MONTALVO, Juan A.....	1992-1997	BERNABEU PEÑA, Guillermo.....	2005-
APREDA ROJAS, María Carmen.....	1971-1990	BERNAOLA ALONSO, Manuel	1971
ARA BLESA, Antonio	1940-1941	BERNARDO GARCÍA, Esther.....	1996-2001
ARAMBURU DELGADO, María Luz	1968-1969	BERNARDO JIMÉNEZ, Celina	1969-1970
ARANGUENA PAREDES, Pedro	1969-1972	BERNARDO MORALES, José Manuel	1983-1987
ARCE GARCIA, Mariana Paula		BERTOLA, Carlos	1969-1970
AREVALO HIDALGO, Luis F.....	1959-1963	BESCÓS DEL CASTILLO, María Belén	1990-1991
ARIAS, Juan	1988-1990	BLANCO ALVAREZ, Jesús	1961-1971
ARIAS LLORENTE, Daniel	1999	BLANCO GOMEZ, Sara Maria	
ARIAS PÉREZ-ILZARBE, Ester.....	1989-1990	BLANCO GRACIA DE MATEO, Raúl.....	1970-1971
ARIAS PÉREZ-ILZARBE, Rosario.....	1985-1989	BLANCO GUTIÉRREZ, Francisco José	1991-1995
ARIGONY SOUTO, André	1993-1997	BLANCO RANAUDO, Petra Maria	2000
ARIZA BARRASA, Eloísa	1956-1960	BLANCO VILLEGAS, Rosaura	1980-1982
ARIZMENDI ESPUÑES, Luis	1953-1986	BLASINI BENEDETTI, Otto	1971
ARMENTIA LOPEZ-SUSO, María Jesús.....	1968	BODALO SANTOYO, Antonio	1963-1966
ARMERO GUIJARRO, Ángel	1966-1977	BONED CORRAL, María Luisa.....	1957-1963
ARRANZ MARTIN, Esiquio.....	1966-	BORNIQUEL GISBERT, Sara	2001-2004
ARRIAGA MARTITTEGUI, Paloma.....	1985-1991	BOSQUE ARIN, José Ramón del	1993
ARRIERO TABLAS, Juana	1972-	BOTELLO ORTIZ, Isabel	1964-1997
ARROYO ESCOBAR, Fernando.....	1949	BRIONES REY, Concepción	1968-1969
ARTACHO SAVIRON, Ángel	1962-1965	BROTAS CALVALHO, Manuela.....	1965-1969
ARTACHO SAVIRON, Emilio	1958-1960	BRUIX BAYES, Marta	1986-
ARTALEJO PEDRED, Pilar.....	1957-1958	BUJEDO, Carlos.....	1940-1953
ASENSI ALVAREZ-ARENAS, Enrique	1949-1957	BUJEDO BENITO, Carmen.....	1950-1982
ASENSIO PÉREZ, Antonio	1967	BURRIEL LLUNA, Jose Antonio	1959-1970
ASENSIO SOLER, Ángeles	1970-1971	BUSTAMANTE SPUCH, Noemí.....	2004-2008
AVILA REY, María Jesús	1970-5 y 1981-	BUZAMET, Eliza.....	2007-2009
AVILES PUIGVERT, Javier	1974-1977	CABALLERO ASENSI, Antonio	1962-1966
AYUSO MUÑOZ, Juan C.....	1971	CABALLERO HERNANDEZ, Olga	2001-2002
AYUSO SANZ, María Rosa	1966-1972	CABELLO ALBALA, Antonio.....	1971-1975
AZCUE ALVAREZ, J. M.....	1957-1965	CABEZUELO HUERTA, María Dolores....	1976-1979
BADIOLA DE PAZ, A.....	1960	CABILDO MIRANDA, Pilar.....	1970-1976
BAJÓN ROMÁN, Loreto	1966-1990	CABO CHAVES, Isabel.....	1972-
BAJÓN ROMÁN, María del Carmen	1972-1974	CABREJAS MANCHADO, Mercedes	1977-1989
BALLESTER PÉREZ, Rafael	1980	CACHO ALONSO, Fernando.....	1972-1977
BALLESTEROS OLMO, Antonio	1963-1971	CADENAS BERGUA, Eduardo	1967
BALTA CALLEJA, Francisco José.....	1958-1975	CALAMA, M.A.....	1975-1976
BARATEAR SCANDELLA, Elisa	1971-1975	CALLE ARMERO, Julián de la.....	1984-2005
BARCALA ALVAREZ, Antonio	1978-1979	CALLEJA CARRETE, José	1943-1945
BARQUÍN DUEÑAS, Asunción	1986-1988	CALVETE CHORNET, Juan José.....	1981-1998
BARRACHINA GÓMEZ, Miguel.....	1959-1965	CALVIÑO LOPEZ, Elvira.....	2005-
BARRALES RIENDA, J. Manuel.....	1963	CALVO MONDELO, Fernando.....	1968-1971
BARRIOS, M. Ivone de.....	1957	CALZADA GARCÍA, María José	1996-2000
BARROSO SÁNCHEZ, Francisco Javier ...	1996-2000	CAMBEIRO AGULLEIRO, Manuela.....	1954-1956

Nombre	Años	Nombre	Años
CAMPANERO RHODES, María Asunción.	1995-2004	COBO EDILLA, Ángel.....	1972-1973
CAMPO, Leandra.....	2002-2003	COBREROS MENDAZONA, Gustavo.....	1974-1979
CAMPOS MUÑOZ, Agustín.....	1966-1967	COCA MENÉNDEZ, Elena.....	1998
CAMPOS OLIVAS, Ramón.....	1993-1997	COELLO GALDÓN, Félix.....	1965-1969
CAMPOS PEREZ, Ana María		COLL DAVILA, Antonio.....	1970-1971
CAMUÑAS PUIG, Antonio.....	1946-1952	COLOM POLO, Francisco.....	1951-1992
CANO GARCIA, Julia.....	2005-	COLOMINA BARBERA, Manuel.....	1945-1983
CANOSA PENABA, Javier.....	1963-1967	COMPANY, María del Mar.....	1986
CÁNOVAS MOLINA, Arturo Antonio.....	1982-1984	COMPANY BARCELO, Luis.....	1980-2000
CAÑADA CARRASCO, Teresa.....	1989-1990	COMPOSTIZO SAÑUDO, Aurora.....	1973-1975
CAÑADAS BENITO, Olga.....	1998-2001	CONDE Y SANTIAGO, María Dolores.....	1960-1962
CAÑADAS MARQUÉS REPAS, Celia.....	1995-1996	COPADO, J.....	1959-1960
CAÑAMARES ARRIBAS, María Vega.....	2006-2007	CORDERO CASTILLO, Julia.....	1993-1994
CAPEROS MARTÍNEZ, Jose Manuel.....	1961-1966	CORMA CANOS, Avelino	
CARAM, José Alberto.....	1989-1991	CORONAS, Juan María.....	1942-1944
CARDONA, S.....	1952-1953	CORROCHANO SÁNCHEZ, Silvia.....	2000-2001
CARDONA GARCÍA, Nieves.....	1965-1967	CORTES ARROYO, Antonio.....	1961
CARLOS DE BRITO, A.....	1952	CORTIJO MERIDA, Manuel.....	1961-1967
CARMONA IGLESIAS, Elena.....	1968-1972	COSTELA GONZÁLEZ, Ángel.....	1975-
CARNICERO TEJERINA, Isabel.....	1952-1957	COUTINHO ABRANTES, Ana.....	2003-2004
CARRANCIO PLAZA, Hilaria.....	1949-1952	COUTO FERNÁNDEZ, María Ángeles.....	1962-2005
CARRASCO GIMENO, Fermín.....	1964-1966	COUTO ORDAS, Ángeles.....	1962-68 y 1980-
CARRASCO GÓMEZ, Fermín.....	1965-1966	CREO CAAMAÑO, Francisco.....	1965-1972
CARRASCO PÉREZ, F.....	1954-1956	CRESPI, María Alicia.....	1950-1953
CARRERA FERRER, Elena.....	1991-2005	CRESPO COLÍN, Amalia.....	1973-1975
CARRILLO GARCÍA, Elena.....	1959-1962	CRESPO VÁZQUEZ, María Teresa.....	1982-1984
CARTUJO ESTEBANEZ, María Teresa.....	1957-1959	CRIBADO ESCRIBANO, Pilar.....	1983-1995
CASADO LÓPEZ, Manuela.....	1965-	CRIBADO SANCHO, Manuel.....	1971-1975
CASADO TORRES, Fidel.....	1965-1971	CRUZ ARRIAGA, María Julia de la.....	1957-1964
CASQUERO RUÍZ, Juan de Dios.....	1974-1980	CRUZ GLEZ.-NOVELLES, Marina de la.....	1963-1974
CASTAÑO ALMENDRAL, Fernando.....	1963-1973	CUBILLO FONT, María Pilar.....	1971-1975
CASTEJON SÁNCHEZ, Josefa.....	1966-1967	CUENCA SÁNCHEZ DE CASTRO, C.....	1970-1971
CASTILLEJO STRIANO, Marta.....	1981-	CUERDA MORCILLO, Antonio.....	1971
CASTILLO CABELLO, Encarnación.....	1968	CUESTA CISCAR, Ángel.....	1993-2000
CASTILLO DE PEDRO, Jose M.....	1964-1965	CUETO GARCÍA, Manuel.....	1951-1978
CASTIÑEIRA IONESCU, Miguel.....	1968-1972	CUEVAS MARIN, Julia.....	2001
CASTRILLO CARREIRA, Inés.....	2005-	CURA ARRANZ, Begoña del.....	1992-1993
CASTRO ALMAZAN, Julio Alberto		DAGO MARTÍNEZ, Carlos.....	1970
CASTRO ALVAREZ, María Carmen.....	1980-1982	DAI, Qiong.....	1992-1996
CATALA SORIANO, Montserrat.....	1950-8 y 1980-6	DALE, Robert E.....	1994-1995
CAVERO GRANDE, Bonifacio.....	1959-1963	DARNAUDE ROJAS, N.....	1957-1959
CEBALLOS HORNA, Antonio.....	1973-1976	DAVALOS PRADO, Juan Zenon.....	1999-
CELDRAÑ DEGANO, Soledad.....	1958-1961	DÁVILA FAJARDO, Cristina.....	2003-2005
CELSI, S.A.....	1940	DÁVILA DE LEÓN, David.....	2002
CENTENO ESTEVEZ, José.....	1957-1961	DÁVILA MURO, Jorge.....	1988-1989
CEREZO BUENO, Carolina.....	1997-2002	DEAN GELBENZU, M.....	1951-1953
CERVELLO COLLAZOS, José.....	1970-1971	DELGADO BARRIO, Gerardo.....	1970-1975
CERVERA MADRIGAL, Adolfo.....	1965-1967	DELGADO BLANCO, Francisco Javier.....	2001-2005
CESNO VIVAS MARTIN, J. de.....	1957	DELGADO BLAS, José María.....	1970-1974
CHACÓN LARIOS, Carlos.....	1967-1971	DELGADO MERINO, Jesús.....	1972-1974
CHAPARRO ARANZA, J.....	1962-1963	DELGADO NIETO, Manuel.....	1968-1969
CHECA ANDRÉS, Martín Andrés.....	1968-1972	DELGADO OLIVA, Isabel.....	1972-1981
CID ARANEDA, Ruby.....	1971-1972	DIAGO GÓMEZ, Asunción de.....	1972-2002
CID MUNILLA, María.....	2007-	DIAZ BARBERO, Fortunato	
CIERVA ROCES, Ricardo de la.....	1957	DÍAZ FERNANDEZ, Enrique.....	1961
CIGARRAN ABUCIDE, Alfonso.....	1968-1972	DÍAZ GARCÍA-MAURIÑO, Teresa.....	1976-2002
CLAUDIO GARCÍA, Almudena.....	1999	DIAZ GOMEZ, María Soledad	
CLEMENT, J. M.....	1954-1957	DÍAZ GONZÁLEZ, Visitación.....	2004-

Física y Química en la Colina de los Chopos

Nombre	Años	Nombre	Años
DÍAZ PEÑA, Mateo.....	1955-1967	FERNANDEZ ESCAMILLA, Ana María.....	2003-2004
DÍAZ PLAZA OLIVARES, Luis.....	2007-	FERNANDEZ FOURNIER, Asunción.....	1932-1936
DÍAZ ROMAS, V.....	1954-1956	FERNANDEZ GARCÍA, Justo Antonio.....	1960-1963
DIAZ RUIZ, Manuel.....	1987-2004	FERNÁNDEZ GÓMEZ, Federico.....	1989-1989
DÍAZ SCHLERETH, Daniela.....	1987-1990	FERNÁNDEZ HUERTAS, Rosario.....	2002-2004
DÍAZ SOLER, José María.....	1965-1968	FERNANDEZ LÓPEZ, Víctor.....	1970-1971
DÍAZ VILLANUEVA, Ernesto.....	1966-1970	FERNÁNDEZ LÓPEZ-LUCENDO, María I.....	1997-1999
DIEDERIX, Rutger E.....	2005-	FERNANDEZ MARTIN, Fernando.....	1959-1963
DIEZ CABALLERO ARNAU, Teófilo.....	1973-1977	FERNANDEZ NUÑEZ, Manuel.....	1973-1974
DIEZ YUBERO, Aurelia.....	1968-1970	FERNANDEZ OTERO, Toribio.....	1973-1977
DOMINGO MAROTO, Concepción.....	1971-1975	FERNANDEZ PELAEZ, Valeriana.....	1957-1961
DOMÍNGUEZ ALONSO, Manuel.....	1964-1965	FERNÁNDEZ PÉREZ, Demetrio.....	1986-1990
DOMÍNGUEZ ASTUDILLO, María.....	1949-1978	FERNANDEZ PÉREZ, Temistocles.....	1968
DOMÍNGUEZ MATILLA, Asunción.....	1975	FERNANDEZ RODRÍGUEZ, Mercedes.....	1970-1971
DORADO HERNÁNDEZ, Guillermo.....	1947-2001	FERNANDEZ SÁNCHEZ, Elena.....	1968-1992
DORADO HERNÁNDEZ, Loreto.....	1940-1972	FERNANDEZ SÁNCHEZ, F.....	1955-1957
DORESTE SUAREZ, D.....	1968-1970	FERNANDEZ SANTAREM, Juan Antonio.....	1975-1976
DOUHAL, ABDERRAZAAK.....	1986-1989	FERNANDEZ TORRECILLAS, Catalina.....	1973-1977
DUCHOWICZ, Ricardo.....	1992-1994	FERNANDEZ TORRES, Alberto.....	1981-1988
DURÁN MARTIN, Pedro.....	1972-	FERNANDEZ VARELA, Arturo.....	1963
EGIDO GARCÍA, Carmen.....	1969-1973	FERNANDEZ VERDEAL, José.....	1951-1985
EGUREN CORSO, Liliána.....	1979-1980	FERNAUD ESPINOSA, María Jose.....	1998-2003
EIRIN PENA, Teresa.....	1975-1983	FERRER MATEOS, María Rosa.....	
EL JOUBARI, Abderrahman.....	1994-1997	FERRER PI, Pedro.....	1949-1950
ELIAS CID, R.....	1958	FERRER PLÁ, Marisa.....	1991-1995
ELIAS CORRALES, José Luis.....	1960-1961	FERRER RODRIGUEZ, Marina.....	1983-1984
ELICES CALAFAT, Manuel.....	1965-1968	FIGUERA ACEBAL, Juan Manuel de la.....	1962-2001
ELVIRA SERRANO, María Gema.....	2001-2007	FIGUERA BAYÓN, Juan de la.....	2007-
ENCISO RODRÍGUEZ, Eduardo.....	1978-1981	FIGUERUELO ALEJANDRO, Juan E.....	1961-1967
ESCOLAR MÉNDEZ, Daniel.....	1963-1970	FLORENCIO SABATE, Feliciano.....	1964-1989
ESCRIBANO TORRES, Rafael.....	1971-1975	FLORES, Araceli.....	1989-
ESCUDERO ESCRIBANO, María.....	2007-	FLORES SEGURA, Henoc.....	1997-1998
ESCUDERO SANCHEZ, Eduardo.....	1993-1998	FLORIDO FERNÁNDEZ, Francisca.....	1993-1997
ESPADAS MASIA, Ildefonso.....	1959-1996	FOCES FOCES, Concepción.....	1970-
ESPAÑA FURIO, Francisco.....	1970-1974	FOLGADO RODRÍGUEZ, María Carmen.....	1963-
ESPINOSA MARTIN, Juan Carlos.....	2001-2002	FOLGUEIRAS RODRÍGUEZ, Carolina.....	1963-1984
ESPLIGUERO RIAZA, María Soledad.....	1961-1963	FONSECA MOGRO, María Isabel.....	1973-1998
ESTEBAN CALDERÓN, María Carmen.....	1979-1983	FORTEZA PUJOL, Ana María.....	1961-1966
ESTEBAN GARCÍA, Félix.....	1962-1967	FOZ GAZULLA, Octavio.....	1940-1973
ESTEBAN JIMÉNEZ, Ángel.....	1968-1976	FRAGA SÁNCHEZ, Serafín.....	1955-1958
ESTEBAN OCHOA, F.....	1964-1965	FRANCO CIRIA, José María.....	1970-1973
ESTREMERA ANTOLÍN, María Dolores.....	1984-1985	FRONTELA DELGADO, Joana.....	1986-1990
EZAMA MARTIN, R.....	1964-1971	FRUTOS FERNANDEZ, Josefa.....	1969-1972
FALCON GARCÍA, Ulises.....	1960-1966	FUENTE REGUERO, C.....	1957-1961
FAYOS ALCAÑIZ, José.....	1965-	FUENTE REGUERO, C. de la.....	1957-1958
FELIU, S.....	1954	FUENTES, M.....	1951
FERNANDEZ, F.....	1957	FUNES SÁNCHEZ, Luis Ramón.....	1968
FERNANDEZ ABASCAL, José Luis.....	1978-1981	FUNES VALERO, Ernesto.....	1966-1968
FERNANDEZ ALVAREZ, Eldiverto.....	1951-1953	FUSTER MONESCILLO, Carmen.....	1957-1962
FERNANDEZ ARDAVIN, Bernardo.....	1953-1955	GAGO FERNANDEZ, Ángel.....	1970
FERNANDEZ ARRIERO, Beatriz.....		GAIL LOPEZ, Javier.....	
FERNANDEZ BERNARDO, Ernesto.....	1968-1971	GALINDO IRANZO, Plácido.....	2006-
FERNANDEZ BIARGE, Julio.....	1953-1964	GALINDO PANIAGUA, Francisca.....	1984
FERNANDEZ CANO, Ángel.....	1969-1970	GALLARDO RODRÍGUEZ, Gonzalo.....	1950-1990
FERNANDEZ CANO, Diego.....	1968	GALLARDO SANZ, Alberto.....	2007-
FERNANDEZ CAPÓN, Jose Manuel.....	1974-1978	GALLEGO GARCÍA, Ernesto.....	1957-79 y 1982-90
FERNANDEZ CARAZO, María Begoña.....		GALLEGO PÁRAMO, Cristina.....	2007-
FERNÁNDEZ CASTAÑO, Cristina.....	1994-1997	GALVAN FERRUS, María Carmen.....	1957-1963

Nombre	Años	Nombre	Años
GALVEZ MORROS, Magdalena.....	1959	GOMEZ, A	1940-1941
GAMBOA LOYARTE, José Miguel.....	1949-1984	GOMEZ-ALEIXANDRE FERNANDEZ, C... ..	1973-1975
GAMBOA MUTUBERRÍA, Isabel.....	1985-1989	GÓMEZ CHAPARRO, Jesús.....	1973-1975
GAMERO BRIONES, Antonio.....	1959-1968	GÓMEZ CHERCOLES, Rosa María.....	1979-1980
GANCEDO RUIZ, José Ramón	1966-	GÓMEZ HERNANDEZ, María Clara	
GANDÍA RODRÍGUEZ, Pilar	1949-1950	GÓMEZ MIÑANA, José Antonio	1960-1963
GARATE COPPA, Encarnación	1958-1963	GÓMEZ MORILLAS, Apolo	1958-1201
GARATE COPPA, María Teresa	1959-1963	GOMEZ-OLEA NOVEDA, Enrique	1959-1965
GARCÍA, Antonio	1984-1986	GÓMEZ PÉREZ, Javier.....	1990-1997
GARCIA, Pascal Didier	1996-2003	GÓMEZ PINTO, Irene	2000-4 y 2007
GARCÍA, Ricardo	1965-1976	GÓMEZ RODRÍGUEZ, Esther.....	1984-1986
GARCÍA ALLER, José A.....	1966	GÓMEZ RODRÍGUEZ, María Ángeles	1981-1984
GARCIA ALMARZA, Noé	2002-	GÓMEZ RUIMONTE, Florentino.....	1965-1979
GARCÍA ALVAREZ, María Luz	1973-1977	GÓMEZ SAL, María Pilar	1973-1975
GARCIA-AMADO GARCÍA, Jorge	1970	GOMEZ SANCHEZ, Saturnina	1975-2006
GARCÍA BALLESTA, Juan Pedro	1963-1964	GÓMEZ SUAREZ, Ernesto	1965-1967
GARCIA BALLESTEROS, Olga		GOMIS MEDINA, Francisco	1985-1987
GARCÍA BLANCO, Francisco	1986-1988	GONZÁLEZ, Teodoro	1944-1970
GARCÍA BLANCO, José.....	1977-1984	GONZÁLEZ BARREDO, José María	1940-1943
GARCÍA-BLANCO GUTIÉRREZ, Severino	1965-1987	GONZÁLEZ ECÍJA, Cristina.....	1975-1976
GARCÍA DE LA BANDA, Juan Francisco.. ..	1947-1971	GONZÁLEZ GALLEGO, Teresa	
GARCIA BORGE, María José	1986-1991	GONZÁLEZ GASCÓN, FRANCISCO	1968-1975
GARCÍA CAMBA, Ramón	1966-1967	GONZÁLEZ GONZÁLEZ, Ángel	1966-
GARCÍA DEL CAMPO, Guillermo.....	1970-1972	GONZÁLEZ GONZÁLEZ, Ángel	1981
GARCÍA CAÑADAS, María Jesús.....	1972-1976	GONZÁLEZ GONZÁLEZ, Carlos	1966
GARCÍA DOMÍNGUEZ, José Antonio.....	1958-2002	GONZÁLEZ GONZÁLEZ, Purificación	1971-1972
GARCÍA ESTRADA, Julio	1943-1944	GONZALEZ IBAÑEZ, Carlos.....	1988-
GARCIA GARCÍA, Ángel	1949-1968	GONZALEZ IGLESIAS, Reinerio	2004-2005
GARCÍA GARCÍA, Fulgencio S.....	1966-1967	GONZÁLEZ NUÑEZ, Manuel	1979-1980
GARCÍA GARCÍA, José	1974-1976	GONZALEZ PEREZ, Beatriz.....	1997
GARCÍA GARCÍA, Marcos	1943-1944	GONZÁLEZ DE PRADO, José E.	1970-1971
GARCÍA GONZÁLEZ, Alejandro	1962-1967	GONZÁLEZ REX, Francisco	2000-2003
GARCÍA GUERRA, Rafael	1992-2001	GONZALEZ RODRÍGUEZ, José	1972-
GARCÍA GUIJARRO, Ester	1957	GONZALEZ RODRIGUEZ, María Belén... ..	1999-2001
GARCÍA DE LUELMO, Francisco.....	1960-1963	GONZALEZ RODRIGUEZ, Milagros	
GARCIA MAYORAL, María Flor.....	2000-2004	GONZALEZ ROPERÓ, Jesús	1942-1943
GARCÍA MOLINER, Federico	1965-1970	GONZÁLEZ SÁNCHEZ, Jorge H.....	1970-1974
GARCÍA MORAL, Tomás.....	1982-1983	GONZALEZ SEMPER, María Teresa.....	1960-1965
GARCIA-MORATO RECIO, Alsira.....	1963-1964	GONZALEZ TEJERA, María Josefa	1979-1982
GARCÍA-MORENO GONZALO, Inmaculada		GONZÁLEZ TEJUCA, Luis	1965-1971
GARCÍA MUÑOZ, José	1975-1980	GONZALEZ UREÑA, Ángel	1968-1975
GARCÍA PÉREZ, María Victoria	1968-1971	GONZÁLEZ VARELA, Manuel	1961-1963
GARCÍA PONS, María Teresa	1970-1976	GONZALO PASCUAL, María Isabel.....	2000-2003
GARCÍA RODRÍGUEZ, Carolina.....	2002-	GOYA DE LA ACEÑA, J. Manuel.....	1961-1962
GARCÍA SANTOS, Domingo A.....	1993-1994	GRACIA GARCIA, Mercedes	1976-
GARCÍA SOLER, Jose Luis	1973-	GRANDE FERNÁNDEZ, Delfín.....	1984-1988
GARCÍA SOMOLINOS, Tomas	1964-1983	GRANADA FERRERO, María Josefa	1984-1987
GARCÍA ZURBANO, L.....	1962-1965	GRANDE MIGUEL, Javier	1970
GARRIDO BARTOLOMÉ, A	1957-1963	GRANDE PÉREZ, Eusebia.....	1962-1966
GASPAR PARICIO, M. Ángel	1961-1963	GRAU MALONDA, Agustín.....	1962
GASPARD, Solenne Gabrielle	2005-	GUERRERO FERNANDEZ, Antonio	1967-1969
GASSET VEGA, María Angustias.....	1994-	GUERRERO FERNANDEZ, Mario	1967-1969
GAYARRE NAVARRO, Javier	2004	GUERRERO MANZANO, Eulogio	1982-1984
GIL CRIADO, Manuel.....	1968-1971	GUERRERO NAVARRO, Andrés	2007-
GIL HERRERA, Juana.....	1991	GUIL LÓPEZ, Rut	1993-1995
GINER ALBALATE	1952-1954	GUIL PINTO, José María.....	1963-
GISPER, Marcos.....	1952-1953	GUILLEN, J. M.....	1954-1957
GOICOECHEA MAYO, Ángel.....	1959-1977	GUNLACH, A.M.	1951

Física y Química en la Colina de los Chopos

Nombre	Años	Nombre	Años
GUTIERREZ DEL ARROYO, Paloma		JARAMILLO GARCIA, Paula Andrea	
GUTIÉRREZ DÍAS, M. C.....	1964-1965	JEREZ MÉNDEZ, Antonio	1970
GUTIÉRREZ DE LA FE, Claudio.....	1965-	JEREZ MIR, Juan Antonio	1960-1962
GUTIÉRREZ GUTIÉRREZ, Luis.....	1948-1951	JERÓNIMO, David José da Silva Nacimiento.	2004-
GUTIÉRREZ JODRA, Luis.....	1949-1958	JIMENEZ GONZALEZ, Marta.....	1996-2005
GUTIÉRREZ MERINO, Carlos.....	1975-1980	JIMENEZ LOPEZ, María Ángeles	1984-
GUTIÉRREZ MUÑOZ, Julio	1970-1975	JIMÉNEZ MELENDO, Juan Francisco	1970-1971
GUZMAN CARRANCIO, Julio.....	1940-1949	JIMÉNEZ SIERRA, María Pilar.....	1962-65 y 1972-
GUZMAN GONZÁLEZ, María Carmen	1967-1978	JIMÉNEZ ZAMORANO, Luis	1958-1962
HAGER, Orm.....	1995-96 y 1998	JIMENO MARTIN, Luis	1949-1951
HARDISSON DE LA ROSA, Arturo.....	1963-1967	JORDÁN DE URRIES, Fernando	1970-1975
HARO CASTUERA, Amparo.....	1999	JORGE GONZALEZ, Sonia.....	1997-2002
HARO RUIZ, María Dolores.....	1982-1984	JORGE MARTIN, Luis	1959-1962
HARVEY RECHARTE, Patricia		JOSA GARCÍA, Josa María	1957-1960
HERAS GARRIDO, Mario de las		JOVER FERNANDEZ DE BOBADILLA, S..	1971-1976
HERAS VICARIO, Andrés	1976-1977	JUANES GONZALEZ, Maria Eugenia.....	2004-
HERCE GARRALETA, María Dolores	1968-1974	JULVE PÉREZ, Jaime	1970-1975
HERMANA TEZANOS, Enrique.....	1957-1971	JUNQUERA SANTIAGO, Jaime	1965-1967
HERMOSO DOMÍNGUEZ, Juan Antonio .	1988-	KATCHO, Webil A.....	2003-
HERNAEZ MARÍN, Joaquín	1954-1957	KATIME AMASHTA, Isa	1965-1967
HERNÁNDEZ CAMPOS, Miguel	2004-2005	KHATTABI, Abdelkader-Yassin	1999-2000
HERNÁNDEZ CANO, Félix	1966-2005	KNECHT PANIAGUA, Alfredo.....	1943-1944
HERNÁNDEZ DIEZ, Apolonia	1940-1965	KREMENIC ORLANDINI, Gojko	1954-1971
HERNÁNDEZ FERNANDEZ, Jesús.....	1973-1990	LACORT GARRIGOSA, M.	1957
HERNÁNDEZ FRAGA, Concepción.....	1966-1967	LACROIX, Emmanuel.....	1994-1995
HERNÁNDEZ FUENTES, Irmina.....	1967	LAGARTERA ORTIZ, Laura.....	2001-2007
HERNANDEZ GONZALEZ, Teresa de Jesús		LAGO ARANDA, Santiago	1974-1977
HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, Andrés	1966-1968	LANDEIRA GUERRERO, María José.....	1982-1983
HERNÁNDEZ LAGUNA, Alfonso	1974-1978	LANEZ MONTEVERDE, Enriqueta	1968
HERNÁNDEZ SUAREZ, José R.....	1959-1963	LANGA POZA, María Carmen	1969
HERRANZ BARTOLOME, Rubén		LANGDON, Grant Matthew	1995-1998
HERRANZ GARCÍA, José.....	1954-1979	LARA MARTÍNEZ, Bonifacio	1963-1966
HERRANZ GONZÁLEZ, José	1982-1993	LARIOS CARRETERO, Manuel.....	1975-1977
HERRERA EXPÓSITO, Antonio.....	1959-1963	LARRAMONA CARRERA, Gerardo	1986-1992
HERRERO CALDERON, Rebeca		LASO MARTÍNEZ, Victorino.....	1943-1944
HERRERO GARCÍA, Josefa Eugenia.....	1968-	LASTRA GONZÁLEZ, Miguel de la	1959-1965
HERRERO VILLALON, Pedro	1963-1964	LATORRE PINILLA, Consuelo	1955-1958
HERREROS PORTOLÉS, Marta .	1993-6 y 1999-2000	LAURENTS SCHAYOT, Douglas Vinson ...	1997-
HERVAS FERNANDEZ, Mercedes	1973-1980	LAYNEZ VALLEJO, José Luis	1963-2002
HIDALGO BOLONIO, Ana María		LÁZARO MUÑOZ, Jesús	1985-1987
HIDALGO LÓPEZ, Ramón.....	1971-1973	LEBRON AGUILAR, Rosa	1991-
HOMAN, Hamid.....	1989-1990	LEÓN GARCÍA, Juan	1970-1975
HORNILLOS RECUERO, Valentín	2004-	LEÓN GOMEZ, María Esther	2002-2007
HORTA ZUBLAGA, Arturo.....	1962-1967	LEÓN NORIEGA, Sergio.....	1997-1999
HUSSEIN, Ali Zeatier	1989-1994	LEÓN TELLO, Fuensanta	1982-1993
IBAÑEZ ARMERO, María Desamparados .	1968-1971	LERA SOBRINO, Alicia de.....	1962-1984
IDIAGO LEGARRE, Teodora Gloria	1981-1982	LÉRIDA, José	1940-1950
IGLESIAS CAÑETE, Jose Enrique.....	1971	LEYVA GONZÁLEZ, José Carlos	1975-1977
IGLESIAS FERNANDEZ, Esperanza.....	1993-	LILLO VILLALOBOS, María del Pilar	1982-
ILLIDGE, L.	1966-1967	LIMA TORRADO, Francisco Javier.....	1981-1982
INFANTES SAN MATEO, María Lourdes ..	1994-	LINSDELL, Helen.....	1991-1992
IRIARTE FERNANDEZ, Conrado	1949-1957	LIÑÁN VEGANZONES, Esther	1994-1995
ISORNA ALONSO, Pablo	2001-2006	LIRAS TORRENTE, Marta Ángela	
IVONE DE BARRIOS, M.....	1957	LISA FERRER, Silvia	2007-
IZQUIERDO INSÚA, María Isabel	1969-1982	LIU, Aihua.....	2000-2001
IZQUIERDO SAÑUDO, María Cruz	1970-1971	LLAGUNO PÉREZ, Cristina	1984-1990
JADRAQUE JIMENEZ, María.....	2002-2007	LLAMAS SAIZ, Antonio Luis	
JARAMILLO, J.....	1966	LLANAS, B.....	1975-1976

Nombre	Años	Nombre	Años
LLANO SUAREZ, Enrique	1964-1966	MACARRÓN, Jaime	1955-1957
LLOPIS CARLES, Remedios	1971	MACIAS MACÍAS, Román	1965-1967
LLOPIS MARI, Juan Francisco	1943-1971	MADARIAGA GIRALDO, R.	1957-1958
LLOREDA UCEDA, Miguel Ángel	1974-1975	MAGDALENO MAIZA, Leticia	1996-1997
LLORENTE ROBISCO, María	1969	MALGORZATA, Walczak	2006-
LOBATON BRAVO, María Esther	2001-2006	MANCHEÑO GÓMEZ, Jose Miguel	2000-
LOMBA GARCIA, Enrique	1985-	MANGLANO LOECHES, Alberto	
LOMBARDERO DÍAZ, Manuel	1962-	MANSO ASENSIO, Ángela	
LOPE OTER, Eva	1984-1985	MARCO GARCÉS, J. M.	1957-1958
LÓPEZ AGUDO, Antonio	1960-1971	MARCO SANZ, Jose Francisco	1986-
LOPEZ ALONSO, Jorge Pedro	2005-	MARÍN GORRIZ, Ángel	1949-1955
LÓPEZ ARENOSA, Ramón	1972-1975	MARÍN PILZ, Carmen	1968-1970
LÓPEZ ARIAS, María Encina	2007-	MARINO PEDRERO, Matilde	1966-1972
LÓPEZ DE AZCONA FRAILE, M. C.	1957-1958	MAROTO PÉREZ, Miguel Ángel	1986-
LÓPEZ DE AZCONA, J. M.	1940-1978	MARQUERIE LÓPEZ, Josefina	1949
LÓPEZ DE BLAS, Elena	1991-1992	MARQUINEZ, E.	1952
LÓPEZ BOTE, Miguel Ángel	1975	MARTÍN, Domingo	1951-1953
LOPEZ CUDERO, Ana	2000-2005	MARTIN ALVAREZ, Claudio	1964-2002
LÓPEZ DÍAZ, Francisco	1966-1967	MARTIN GUDE, Carmen	1963-8 y 1977-8
LÓPEZ FRANCO, Pilar	1970	MARTÍN HERREROS, Carmen	1968
LÓPEZ GARCÍA, Cristina	1971-	MARTÍN JIMENEZ, Ángela	1983-1986
LÓPEZ GONZÁLEZ, María del Mar	1987	MARTIN DE LOECHES, Consuelo	1973-
LÓPEZ GUAJARDO, Ana	2003-2006	MARTIN DE LOECHES, Félix	1940-1982
LÓPEZ GUTIÉRREZ, Antonio	1940-1976	MARTIN LUENGO, María Ángeles	1992-1998
LÓPEZ JIMÉNEZ, M.	1961-1962	MARTIN MUÑOZ, Margarita	1972-
LÓPEZ DE LERMA PEÑASCO, Julián	1965-7 y 1971-2	MARTIN POVEDA, Faustino	1976
LÓPEZ LÓPEZ, Germán	1963-1997	MARTIN DEL RIO, Rafael	1970-1971
LÓPEZ LÓPEZ, María del Mar	1988-1992	MARTIN RODRÍGUEZ, Marcos	1943-1944
LOPEZ MARTIN, Eva Maria		MARTIN SAEZ, Pilar	1983-1985
LÓPEZ MARTÍN, José L.	1993-1998	MARTIN TORDESILLAS, Isabel	1952-1979
LÓPEZ MARTÍNEZ, María Carmen	1972-1976	MARTÍN TORRES, Virginia	2006-
LOPEZ MARTINEZ, María Nair	2001	MARTIN VALCARCEL, Gloria	2004-2005
LÓPEZ MORALES, Esperanza	1965-1967	MARTIN VICENTE, Antonio	1973
LOPEZ MOYANO, María Victoria	1987-	MARTÍN VILLACORTA, Javier	1986-1988
LOPEZ DE LA OSA SANCHEZ, Jaime	2003-2007	MARTIN ZARZA, Ángel	1967-1972
LÓPEZ OTERO, Adolfo	1965-1966	MARTÍNEZ ACEDO, Cristina	1986-1988
LÓPEZ PADRÓN, Sergio	1970-1972	MARTÍNEZ ARRIERO, Guillermo	1964-1991
LÓPEZ PASCUAL, Vicente	1968-1970	MARTÍNEZ ATAZ, Ernesto	1972-1976
LÓPEZ PENALBA, Jose Luis	1961-1981	MARTÍNEZ CARRERA, Sagrario	1965-1990
LÓPEZ QUINTANA, María del Mar	1969-1972	MARTINEZ CASADO, Francisco Javier	
LÓPEZ QUIROS, José Antonio	1954-1956	MARTINEZ CORBELLA, Beatriz	2005-
LÓPEZ QUIROS, Trinidad	1959-1962	MARTÍNEZ DE LA CRUZ, Alfonso	1992-1996
LÓPEZ DEL RINCÓN Y DEL CERRO, Fco.	1972-2005	MARTÍNEZ GARCÍA, María Luisa	1974-1976
LÓPEZ RODRÍGUEZ, Felisa	1948-1982	MARTÍNEZ GONZÁLEZ-TABLAS, Fco.	1959-1963
LÓPEZ RUPEREZ, Francisco	1974-1975 y 1980-	MARTINEZ HEDO, Sonia	2001-2003
LÓPEZ SANZ, Jesús	1991-1993	MARTINEZ HUERTA, María Victoria	2001
LÓPEZ VERA, Juana Maria	2003-	MARTÍNEZ LARRAÑAGA, Rosa	1962-1972
LÓPEZ VINGOLEA, Elena	1984-1985	MARTÍNEZ LOSADA, J.	1958
LÓPEZ ZUMEL, Consuelo	1956-2003	MARTÍNEZ PÉREZ, Cayetano	1965-1967
LOSADA ANCILLO, Lisardo	1986-1997	MARTÍNEZ PUEYO, María Luz	1974-1980
LOSADA TABERNERO, P. M.	1964-1972	MARTÍNEZ RIPOLL, Martín	1968-
LOZANO PRADILLO, Agustín	1962-1963	MARTÍNEZ RUBIO, José	1940-1987
LUIS, P.	1952-1957	MARTÍNEZ SANCHEZ, Miguel Ángel	1983-1984
LUIS FERNANDEZ, Begoña de	1967-1968	MARTÍNEZ UTRILLA, R.	1954-1956
LUNA SANJUÁN, Jose Manuel	1985	MARTÍNEZ VILCHES, Victor	1962-1966
LUPIANI ALHAMBRA, Celia	1968	MARURI, Margarita	1987
LUZON NUÑEZ DE ARENAS, Federico	1967	MASSA RAVIGLIONE, Alberto	1985
		MATEO CASANOVA, Julio	1970-1982

Física y Química en la Colina de los Chopos

Nombre	Años	Nombre	Años
MATEO IBAÑEZ, Jesús	1970-1981	NAQVI, Kolbe Razi.....	1988-1989
MATEO MARTÍNEZ, Carmen Reyes	1985-1996	NARANJO, Susan.....	1987
MATEOS ALVAREZ, José	1951-2000	NAVAY ALVAREZ DEL VALLE, Eugenio José de.....	1963-2000
MATEOS LÓPEZ, Onésimo.....	1954-1984	NAVARRETE BADORREY, Pedro.....	1969-
MATEOS OTERO, Estrella.....	1975-1983	NAVARRO DELGADO, Raquel	1966-1971
MATEU SUAY, Leonardo	1997-1998	NAVARRO IZQUIERDO, Alberto.....	1977-1981
MAURI GONZÁLEZ DE MENDOZA, M. ...	1986-1987	NAVARRO LOIDL.....	1969-1971
MAYORAL ORTEGA, Tomás	2000-2003	NAVASCUES PALACIO, Guillermo	1968-1969
McBRIDE, Carl	2005-	NEIRA FALEIRO, José Luis.....	1991-1995
MEDINA ARDURA, Antonio.....	1963-1969	NICOLÁS GARCÍA, Jesús.....	1946-1951
MELERO FONDEVILLA, Tomás.....	1965	NIETO RODRÍGUEZ, José Luis.....	1969-1995
MENCHACA GARAIZAR, Rosa	1964	NIÑO RAMOS, Alfonso.....	1985-1988
MÉNDEZ SÁNCHEZ, Amador	1951-1954	NOGUERALES NOGUERALES, M ^a Pilar...	1986-1990
MENDIOROZ ECHEVERRÍA, Sagrario	1968-1971	NOTARIO BUENO, Rafael	1979-
MENDUIÑA FERNANDEZ, Carlos	1965-1967	NUÑEZ DELGADO, Javier	1968-1975
MENENDEZ FERNANDEZ, Margarita.....	1972-	NÚÑEZ HEVIA, Manuel.....	1962-1965
MENENDEZ GONZÁLEZ, Vicente	1968-1999	NUÑEZ-LAGOS ROGLA, Mercedes	1966-1967
MERIDA SANROMAN, Isabel.....	1982-1983	OCON GARCÍA, Joaquín	1946-1951
MICHAYLOV, Nikolay	2002-2003	OGAYAR MORAL, Andrés	
MIGUEL DOMÍNGUEZ, Manuel de	1962-1964	OLALLA HERRERO, Eduardo.....	1957-1958
MILLÁN MARTÍN, Jaime.....	1993-1994	OLIVA ENRICH, Jose Maria	2004-
MINCHERO VILLA, Luisa Fernanda.....	1971-1974	OLIVARES AÑOVER, Guillermo.....	1968-1971
MINGARRO	1950-1953	OLMO VEGA, G. del	1957-1958
MIRASSOU ARGUELLO, Yasmina.....	2006-	ORDÓÑEZ ESCUDERO, David.....	1959-1962
MODREGO AGUILAR, Clinia.....	2004-2006	ORDUNA VELA, María Fernanda	1975-1976
MOHEDANO AGUILAR, José Miguel.....	1977-1979	OROFINO ASCUNCE, Ana	1971
MOLERA MAYO, María Josefa	1946-1986	OROZCO GAMBOA, Germán.....	1994-1999
MOLINA MARINAS, Daniel	1997-2004	OROZCO GUERRA, Olga	2006-
MOLINA MONTERRUBIO, Rafael.....	2003-	ORTEGA NATA, Manuel.....	1949-1951
MONFORTE MONFORTE, Agustín.....	2005-2006	ORTEGA ORTEGA, Rebeca.....	2005-2007
MONGE BRAVO, María Ángeles	1975-1978	ORTIN SUÑE, Nicasio	1957-1961
MONTEJO GONZÁLEZ, José Miguel.....	1985-1988	ORTIZ RAMOS, Reynaldo	1993-1995
MONTERO CUELLAR, Ana María	1975-2000	ORTIZ VÁZQUEZ, Nicasio E.....	1969
MONTERO MARTIN, Salvador	1967-1975	ORZA SEGADE, José Manuel.....	1957-1975
MONTERROSO MARCO, Begoña.....	2004-2005	OTERO DE LA GÁNDARA, José Luis	1949-1957
MONTILLA HERRERA, J. Carlos.....	1978-1979	OTERO OTERO, Josefa	1971-1972
MONTULL MASIP, Fernando	1953-1955	OTÓN SÁNCHEZ, José Manuel	1974-1980
MONZÓN PINILLA, María del Carmen ...	1967-1972	OUIJA, Mohamed	1991-
MORALES TÚNEZ, Juan.....	1970-1971	PADMANABHAN IYER, Subramanian	1995-9, 2006-
MORAN MEDINA, Amparo... 1970-1971	1981-1984	PAJARES SOMOANO, Jesús A.....	1958-1971
MORCILLO RUBIO, Jesús.....	1949-1978	PALACIOS LATASA, José María.....	1968-1990
MORENO MICO, Javier	1967-1968	PANDO GARCIA-PUMARINO, C.....	1973
MORENO MORENO, Federico.....	1994-2001	PANIAGUA MERA, Sixto.....	1963-1964
MORENO PALOMAR, José	1970-1971	PANTOJA UCEDA, David.....	2000-2004
MORENO PASCUAL, María Victoria.....	1978-1979	PARDO CEA, Miguel Ángel	2004-
MORENO PEREZ, Sandra	2004-2005	PARDO MAYNAR, Javier	1970-1973
MORENO VICENTE, Raquel		PARIENTE MORONTA, Jorge	2003-
MOYA VALDES, Ángel.....	2001-2007	PASCUAL SASTRE, Jaime	1993
MUJICA GUERRERO, Antonio	1967	PASTOR VALERO, María Pilar	1978-1979
MULERO BRAVO, Jose Antonio	1993-2005	PEDRO DE LUCIO, María Teresa	1966-1967
MUÑIZ HEVIA, Manuel.....	1962-1965	PEINADO FERNANDEZ, Javier.....	1979-1981
MUÑOZ CARO, Camelia	1985-1988	PENALBA BUTRAGUEÑO, Félix.....	1943-1975
MUÑOZ FERNANDEZ, M.	1959-1962	PEÑA CALVO, María Soledad	1981
MUÑOZ LÓPEZ, Juan Miguel.....	1986-1989	PEÑA DE LA TORRE, María Julia	1959-2004
MUÑOZ RODRÍGUEZ, José.....	1981-1984	PEÑA VALDIVIA, María Carmen	1986-1987
MUÑOZ SÁNCHEZ, Alberto	1960-1962	PEÑA VILLALUENGA, Daniel	1949
MURCIA GARCIA, Clemente.....	2001	PERAL FERNANDEZ, Fernando.....	1974-1976
NALDA MINGUEZ, Rebeca de	1996-9 y 2005-	PERALES ALCÓN, Áurea.....	1965-1994

Nombre	Años	Nombre	Años
PERALTA, T.....	1946	REBOLLO GARRIDO, Victoria	1955-1957
PERDIGON MELON, Jose Antonio	1995-2004 y 2000-5	REDONDO BASTANTE, María del Pilar...	2001
PEREIRA SÁNCHEZ, Gumersindo	1961-1964	REDONDO GONZÁLEZ, José Luis	1966-1969
PÉREZ ALCÁZAR, Germán Antonio.....	1994-1995	REGAÑÓN SALVADOR, Edelmiro	1970-1979
PÉREZ ALONSO, Miguel Ángel.....	1979-1981	REMACHA, L.....	1952-1955
PÉREZ BECARES, María Carmen.....	1972-	RENTERÍA AGUIRRE.....	1957-1959
PÉREZ BOADA, Andrés.....	1976-1977	RICO SAROMPAS, Manuel.....	1958-
PÉREZ CAÑADILLAS, Jose Manuel.....	2002-	RIELO DOMINGUEZ, Roberto	1989-1998
PÉREZ CORTES, María Isabel.....	1997-2004	RIFE LAMPRECHT, Pilar	1949
PÉREZ DORADO, Juana María	2002-	RINCÓN CARDIN, Alejandro	1971-
PÉREZ FACAL, María Antonia	1966-1967	RIO BALDA, María Teresa del	1963-1972
PÉREZ FERNANDEZ, Mercedes	1956-1960	RIO CASTRO, Guillermo del.....	1964-1976
PÉREZ FERNANDEZ, Pedro	1962-1963	RIOSALIDO GUAL, Jesús.....	1964-1972
PÉREZ GONZALVEZ, M.....	1955-1957	RIPOLL SESE, Fernando	1967
PÉREZ MARTÍNEZ, Juan M.....	1972-1976	RIUS MIRO, Antonio.....	1940-1973
PÉREZ MASIA, Andrés	1949-2002	RIVAS CABALLERO, Germán.....	1984-1987
PÉREZ MONTERINOS	1960	RIVAS VIDAL, Teresa	1974-1992
PÉREZ PARAJON, Juan Manuel	1998-2005	ROCA VERDEAL, José.....	1943-1979
PÉREZ REGARES, María Carmen.....	1972	RODELLAS MARTÍN, Carmen	1981-1985
PÉREZ SALAZAR, Adela.....	1946	RÓDENAS CILLER, Elvira	1968-1971
PÉREZ TORIO, Patrocinio.....	1969-1971	RODRÍGUEZ ALONSO, María Dolores ...	2004-2005
PERÉZ VELÁZQUEZ, José Luis.....	1984-1985	RODRÍGUEZ ARTIGAS, Miguel	1986-
PEROZO VILLALOBOS.....	1967-1969	RODRÍGUEZ DE AVILA, Concepción.....	1976
PERTIERRA RIMADA, Enrique	1966-1973	RODRÍGUEZ DE BODAS, Ángel.....	1969-1973
PINILLOS PÉREZ, Gloria	1975-	RODRÍGUEZ CHEDA, Damián	1960-1969
PINILLOS PÉREZ, Juan Manuel	1970-1972	RODRÍGUEZ CHEDA, José A.....	1966-1975
PINTADO RIBA, María	1955-66 y 1976-90	RODRÍGUEZ CRUCHAGA, J. M.....	1969
PINTADO SIERRA, Mercedes	2005-	RODRÍGUEZ DEVESA, Daría	1955-1957
PINTO SUAREZ, Isabel.....	1966-1968	RODRÍGUEZ FERNANDEZ, Pilar.....	1965
PIZARRO COLLADO, David		RODRIGUEZ LEIVA, Antonio.....	1988
PLAZA ORDÓÑEZ, J. M.....	1963-1964	RODRÍGUEZ LÓPEZ, Álvaro	1971-1977
PLAZA PÉREZ, Ángeles de la.....	1970-1974	RODRÍGUEZ LÓPEZ, Gonzalo	1976-1979
POLO RAMOS, Santiago.....	1949-1950	RODRÍGUEZ MELENDEZ, M.....	1958
POLO RIVAS, Aitana	2007-	RODRÍGUEZ MONJE, Lucía	1987-1991
POMARES LÓPEZ, Antonio	1949-1990	RODRIGUEZ NAVARRO, Jose Antonio	2004-2005
PORQUERES GIMÉNEZ, Daniel	1973-1974	RODRÍGUEZ PIERNAS, Francisco	1965-1967
POSADO DELGADO, Rafael	1962-1965	RODRÍGUEZ RENUNCIO, Juan A.....	1968-1975
POYATO MONTES, Josefa	1963-1967	RODRÍGUEZ REY, Carmelo.....	1968
PRESAS CASTILLA, Ana María	1963-1964	RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, Mª del Mar...	2007-
PUENTE MARUGAN, M. de la.....	1957-1961	RODRÍGUEZ ROMERO, Carlos	1957-1958
QUEIJA MACIA, Carlos.....	1973-1974	RODRIGUEZ SALCEDO, Víctor Fernando	1999-2001
QUESADA DEL SOL, Ernesto.....	1996-2000	RODRÍGUEZ TABOADA, Hilda Isabel.....	1966-1979
QUINTANILLA LOPEZ, Jesús Eduardo	1992-	RODRÍGUEZ TEBAR, Alfredo	1971
QUINTANILLA LUJAN, Esther	2003-2006	ROIG MUNTANER, A.....	1956-1967
QUIÑONES SANCHEZ, Helena	2006-	ROMERO, M.	1957-1959
QUIROS CARCELEN, Mariano	1969-1975	ROMERO FERNANDEZ, Ricardo	1966-1967
RAMA VARMA, K. T.	1959	ROMO ANGUIX, Irene	1962-1982
RAMAJO ESCALERA, Beatriz	2002-2004	ROUX ARRIETA, María Victoria.....	1968-
RAMÍREZ MARTÍNEZ, Elena	1993-1995	ROYO IRANZO, José	1943-1944
RAMÍREZ MITTELBRUNN, Juan.....	1975	ROYO MACIA, Miguel.....	1968-1971
RAMOS AVILA, Elena.....	1964-1971	ROYUELA, J.	1954-1956
RAMOS DÍAZ, Francisco Javier	2001-2003	RUANO FRANCO, Cristino.....	1983-1984
RAMOS GARIJO, R.....	1952-1954	RUBINOS PEÑA, Antonio	1986-2007
RAMOS LEDESMA, Ángel.....	1970-1971	RUBINOS PEREZ, Antonio.....	1992-
RAMOS SALAVERT, Isidro	1966	RUBIO ESTEBAN, José Vicente.....	1942-1952
RAPUN PAC, Raúl.....	1957-1961	RUBIO SEGOVIA, José Antonio	1963-1979
REBAZA BARRERA, Olinda		RUEDA SANTOS, Daniel Reyes	1972-(IEM)
REBOLLAR GONZALEZ, Esther.....	2001-2006	RUIZ ARRIBAS, Josefina	1970-1972

Física y Química en la Colina de los Chopos

Nombre	Años	Nombre	Años
RUIZ FELIPE, Jesús.....	1993-1994	SANZ PEDRERO, Pablo	1949-1951
RUIZ GOMEZ, Jose.....	1981-1984	SANZ DE LA ROSA, J.....	1958
RUIZ LAFITA, Maria del Pilar	1992-	SANZ RUIZ, Francisco.....	1968-1970
RUIZ PANIEGO, Anselmo	1958-2004	SANZ SANZ, Benedicto.....	1956-1959
RUIZ PINEDA, Maria Luisa	1984-2005	SANZ SANZ, Libia	1980-1983
RUIZ POVEDA	1980-1981	SANZANO GAYOSO, Luis.....	1940-1982
RUTGER ERNEST, Diederix		SARDAÑA LAFUENTE, Luis.....	1940-1942
SAA DELGADO, Concepción	1965-1972	SEGURA GALVEZ, Armando.....	1970-1971
SACRISTÁN DORRONSORO, Alberto.....	1957-1960	SENDER FERNANDEZ, Carmen	1982-1983
SAENZ DE LA TORRE, Ángel F.....	1977-1979	SEMENT PÉREZ, Salvador.....	1942-1944
SAEZ DÍAZ, Carmen.....	1971-1975	SEOANE GÓMEZ, José Luis.....	1970-1971
SAHAGUN FATAS, Laura.....	1968	SERNA FERRERO, Jose Antonio.....	1978-
SAIZ SÁNCHEZ, Miguel A.....	1964-1969	SERRA RIBERA, M.....	1951-1955
SAIZ VELASCO, José Luis.....	1962-	SERRANO RODRÍGUEZ, Teresa.....	1970-1975
SALADO REY, María del Sagrario.....	1989-	SERRANO RUÍZ, Juan Carlos.....	2007-
SALCEDO, Fernando		SERVET GIL, María Cristina.....	1949-1953
SALVADOR MOYA, Amparo.....	1989-1990	SETIÉN MARTÍNEZ, Enrique.....	1971-1975
SALVADOR SALVADOR, Pedro	1963-1978	SEVILLA BENITO, Antonio	1959-1962
SAMPEDRO PIÑEIRO, Aurora.....	1949-1978	SEVILLA SIERRA, María Paz.....	1991-1993
SAMPER HERNANDEZ, Emma		SIEIRO DEL NIDO, Carlos	1968-1970
SAN FÉLIX GARCÍA, Ana Rosa	1987-1987	SILVA ALONSO, Jose Vicente	1968-1970
SAN ROMÁN PRIETO, Nicomedes.....	1968-	SILVA COLOMA, Carmen	1964
SAN ROMÁN, J. L.....	1953-1954	SILVA MORENO, Diego	1999-2001
SANCHEZ BARRENA, Maria Jose.....	2001-	SIMON RUBIO, Luis Manuel	
SANCHEZ-BARRIGA, Martín Tomás.....	2001	SMEYERS GUILLEMIN, Yvo G.....	1957-1975
SÁNCHEZ DEL CAMPO, María Carmen ..	1976-1977	SMITH AGREDA, Carmen.....	1966
SÁNCHEZ CRUZ, Maria.....	1968-1995	SMITH VERDIER, Pilar.....	1965-1983
SÁNCHEZ CUESTA, Ángel.....	1959-1965	SOLE, J.....	1952-1957
SANCHEZ DIAZ, Raquel.....	2002-2003	SOLIS MUÑOZ, Jose J.....	1962-1964
SÁNCHEZ FONSECA, Francisco.....	1971-1973	SOLIS SANCHEZ, María Dolores	1982-
SANCHEZ GARCIA, Miguel Ángel		SOMOLINOS GONZÁLEZ, Cristina	1985-1992
SÁNCHEZ JIMÉNEZ	1962-1967	SONET ALVAREZ, Dolores.....	1959-1962
SÁNCHEZ MARTÍN, Manuela.....	1991-1993	SORIA RUIZ, Javier.....	1962-1971
SÁNCHEZ ORQUIN, J.....	1957-1958	SOTOMAYOR LÓPEZ, Carlos P.....	1965-1969
SANCHEZ PEREZ, Gabino Francisco.....	2004-2005	STAIRES ALONSO, José	1963-1966
SÁNCHEZ ROBLES, A.....	1953-1956	STUART PELL, Anthony	1962-1963
SÁNCHEZ ROBLES, Apolonia	1932-1936	SUAREZ GARCÍA, Roberto M.....	1964-1966
SÁNCHEZ RUIZ, Rafael	1967	SUBIRANA TORRENT, Juan Antonio.....	1958-1962
SÁNCHEZ SERRANO, Eduardo.....	1946-1950	TABARES GIRALDO, Jesús Anselmo	1991-1994
SÁNCHEZ TORRES, Andrés	1966	TARDAJOS RODRÍGUEZ, Gloria	1971-1975
SÁNCHEZ VEGA, Norberto	1949	TELLO DIAZ-MAROTO, Ana Maria	1992-2000
SANCHO SÁNCHEZ, Alberto.....	1957-1959	TEMPRADO MORENA, Manuel	
SANLES FALAGAN, Reyes.....	2006-	TERCERO, Juan Carlos	1982-1991
SANTAMARÍA ANTONIO, Jesús	1971-1977	TEROL ALONSO, Salvador.....	1949-1951
SANTAMARIA ORTEGA, Jesús	1970-1971	TIEMBLO RAMOS, Alfredo	1965-1975
SANTAMARIA PEREZ, David Carrero		TIJERO MIGUEL, Emilio	
SANTAOLALLA GADEA, Jesús.....	1970-1971	TILVE, Ramón	1944
SANTIUSTE BERMEJO, José María.....	1969-	TOBAR MARTÍNEZ, Aurora.....	1974-1980
SANTIVERI MARTÍN-VARÉS, Clara María	1997-	TOIRON, Catherine	1993-1995
SANTORO SAIZ, Jorge	1971-	TOLIVAR RODRÍGUEZ, Luis	1966-1970
SANTOS BLANCO, Jose Guillermo.....	1967-1971	TORIBIO COMBARRO, Francisco	1979-1982
SANTOS PEINADO, Lucia	1982-1988	TORMO POSTIGO, Laura.....	2005-2007
SANTOS RUIZ, Ángel.....	1951-1954	TORRALBA FERNÁNDEZ, Gloria	1991-1992
SANZ APARICIO, Juliana	1984-	TORRE GONZÁLEZ, A. de la.....	1957
SANZ ASENSIO, Jesús.....	1970-1971	TORRE PINILLA, Consuelo de la.....	1954-1958
SANZ GOMEZ, Ignacio		TORRES GÓMES, Luis Alfonso	2000
SANZ MARTIN, Mercedes		TORRES LAPORTE, Ricardo	1997-2003
SANZ MONASTERIO, Mikel	2007-	TORRES MATAMOROS, J.....	1957-1958

Nombre	Años	Nombre	Años
TORRES SALVADOR, Rosario	1987-1992	VEGA SERRADA, José Ángel de la	1973-1979
TOVAR MARTÍNEZ, Silvia	2002-2003	VEGA SERRADA, Luis de la	1970-
TRABAZO CALVIÑO, Rafael	1959-1961	VEGA Y CEA, M.	1959-1960
TRASPADERNE DE LA FUENTE, A.	1971-1978	VEGAS MOLINA, Ángel	1979-
TREJO MENAYO, José Manuel	1986-1990	VELA DEL OLMO, Juan Antonio	1994-1998
TREVIÑO AVELLANEDA, Miguel Ángel	2003-	VELÁSQUEZ TORRES, Álvaro A.	2003-2004
TRIGUEROS NUÑEZ, Rafael	1963-1967	VELEZ TIRADO, Marisela	1990-3; 2000-1
TUDELA SALVADOR, Francisco	1966-1967	VERDEAL GONZÁLEZ, Manuel	1964-1999
TUERO MIGUEL, Emilio	1965-1970	VERDEAL PÉREZ, Manuel	1963-
TURRION AZNAR, María Concepción	1958-	VERDEAL TORRON, Manuel	1947-1984
UBEDA SEISDEDOS, María Luisa	1962-1966	VERDUN DOMINGUEZ, Yolanda	2003-2006
ULIBARRI	1979-1980	VICENTE HEREDIA, Jose María	1961-1967
URETA ZAÑARTU, Soledad	1979-1980	VICENTE SÁNCHEZ, Juan José	1966-1969
URIARTE HUEDA, A.	1958-1960	VICENTE SOLER, José	1966-1967
URREA SALAZAR, Adoración	2005-	VICTORI COMPANYYS, Luis	1968-1971
USOBIAGA ALTUNA, Pilar	1963-1996	VIDAL ESTÉVEZ, Margarita	1969
VACAS HIGUERA, Araceli	1971-	VIDAL GARCÍA, Rafael	1949
VAL CID, J. L. del	1958-1959	VIDAL LLENAS, Jose María	1946
VAL COB, Manuel del	1955-1957	VIDAL MENCHON, Rodrigo	1966
VAL HONUZ, Gloria Marta	2007-	VILCHES CHICA, Juan	1978-1980
VALDECANTOS, A.	1956	VILLATE FERNANDEZ, Maider	2006-
VALDERRAMA ELICES, José	1949-1951	VINOS ALDAMA, J.	1954-1957
VALDES BUENO, Fernando	1983-1985	VIZCAÍNO MUÑOZ, Carmen	1970
VALLE BRACERO, Antonio	1960-1963	WATT PÉREZ, Cristina	1973-1984
VALLE BRACERO, María Auxiliadora	1968-	YGUERABIDE, Juan	1989
VALLE MARTÍNEZ, Luis	1976-1979	YNDURAIN MUÑOZ, Félix	1969
VALLEJO CREMADES, Teresa	1993-1994	ZAHONERO, Julia	1967
VALLEJO JIMÉNEZ, Milagros Natividad	1987-	ZAMARRON CUESTA, Concepción	1987-1988
VALLEJO RUIZ, María Dolores	1973-1978	ZAMORA ALFONSO, Ligia Edith	1994-1995
VALLIN GARCÍA, Ángel	1962-1965	ZAPATA, H.	1951
VALIVE ROIG, Nuria	1963-1966	ZAPLANA PIÑEIRO, Manuel	1965-1968
VALVENY RIQUERO, I.	1957	ZORRILLA LÓPEZ, Silvia	1999-
VALVERDE DÍAZ, Nilo	1963-66 y 1970-88	ZUDAIRE GOLDARACENA, Amaia	2007-
VALVERDE PACHECO, Fermín	1959-1960	ZULUETA DE HAZ, Carlos	1949-1950
VAREA EZQUERRO, Julio	1995-2000		
VÁZQUEZ DÍAZ, Mercedes	1970-1994		
VÁZQUEZ FERNANDEZ, Manuel	1958-1965		
VECCHIOLI RÓDRIGUEZ, Marcelo	1982-1984		
VEGA FERNANDEZ, Mercedes de	1979-2005		
VEGA HERRERA, J. L.	1955-1957		

Fuente: Instituto de Química-Física del CSIC. Obtenido de los datos compilados en *50 años de investigación...* (1982): 169-176 y completado desde entonces por el personal de los centros.

Biblioteca del Rockefeller
(SPCSIC)



Bibliografía

- 50 AÑOS de investigación en Física y Química en el edificio Rockefeller de Madrid, 1932-1982 (1982). Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- 75 AÑOS de investigación en el Rockefeller. Instituto de Química Física Rocasolano (2007). Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas (catálogo de la exposición, coords. Pilar Tígeras, Antonio Santamaría, Rafael Martínez Cáceres y Carlos González Ibáñez).
- ABELLÁN, José Luis (2007): «El exilio de la cultura y de la ciencia española». En Puig-Samper, ed. (2007), pp. 251-258.
- , ed. (1978): *El exilio español de 1939* (6 v.). Madrid: Taurus.
- ACUÑA, Alberto Ulises *et al.* (1975): «Flash Photolysis and Phosphorescence of Benzoic Acid at 77K». *Análisis Químico*, 71, pp. 22-27.
- ALBAREDA, José M. (1951): *Consideraciones sobre la investigación científica*. Madrid: CSIC.
- ALBERT, Armando (1957): *Estudios sobre monocapas de seroalbumina y [gamma] globulina (bovinas)*. Tesis doctoral inédita. Madrid: Facultad de Ciencias.
- *et al.* (1998): «Crystal Structure of Aspartate Decarboxylase at 2.2 Å Resolution Provides Evidence for an Ester in Protein Self-processing». *Nature Structural Biology*, 5, pp. 289-293.

- y PALEY JOHNSON (1961a): «Macroglobulins. 1. Studies on the Isolation and Physical Properties of Pathological Macroglobulins». *Biochemical Journal*, 81, pp. 658-660.
- y PALEY JOHNSON (1961b): «Macroglobulins. 2. Immunochemical studies on isolated pathological macroglobulins». *Biochemical Journal*, 81, pp. 669-671.
- ALBERTO Jiménez Fraud (1883-1964) y la Residencia de Estudiantes (1910-1936) (1997). Madrid: CSIC (catálogo exposición).
- ALEIXANDRE, Vicente (1968): «Materia única». En *La poesía de Vicente Aleixandre*. Madrid: Editorial Gredos.
- ALGUERO, Berta *et al.* (2006): «Selective Platination of Modified Oligonucleotides and Duplex Cross-Links». *Angewandte Chemie - (International Edition)*, 45/48, pp. 8.194-8.196.
- ALONSO, Fernán (1993): «Carbono 14: calibrar o no calibrar». *Arquítica*, 5, pp. 3-4.
- ALONSO PEREIRA, José Ramón (2000): *Inglés y españoles. La arquitectura de la Edad de Plata*. A Coruña: Universidade da Coruña.
- ÁLVAREZ, María Victoria (1963): *Propiedades radio-protectoras de derivados del núcleo de imidazol*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- AMENOMIYA, Y. *et al.* (1967): «Hydrogenation of Olefins on Alumina, Part I». *Journal of Catalysis*, 9, pp. 28-37.
- ANALES de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (1908-1932). Madrid: Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas.
- «ANIVERSARIO de una inauguración: el nuevo edificio del Instituto Nacional de Física y Química» (1933). *Residencia*, IV/1, pp. 29-31.
- ARNAL, Jenara V. (1956): *Los primeros pasos en el Laboratorio de Física y Química*. Madrid: Instituto San José de Calasanz, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- ARRIAGA, Pilar *et al.* (1990): «Thermodynamic Analysis of the Interaction of the Antibiotic Teicoplanin and Its Aglycone with Cell-Wall Peptides». *Biochemical Journal*, 265, pp. 68-77.
- ARTIGAS, Miguel *et al.* (1940): *Una poderosa fuerza secreta. La Institución Libre de Enseñanza*. San Sebastián: Editorial Española.
- BARATAS, Alfredo (1998): «La ciencia española ante la crisis del 98: semillas, frutos y agostamiento». *Cuadernos de Historia Contemporánea*, 20, pp. 115-163.
- BARD, Allen, Robert PARSONS y Joseph JORDAN, eds. (1985): *Standard Potentials in Aqueous Solution*. New York: Marcel Dekker Incorporated Publisher (Monographs in Electroanalytical Chemistry and Electrochemistry Series).
- BARNÉS, Dorotea (1930): «Estudio de la castina y de su espectro de absorción». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 28, pp. 1.386-1.406.
- BARONA, José L. (1994): «Los científicos españoles exiliados en México». En *Los refugiados españoles...* (1994), pp. 95-113.
- BEHNE, Adolf (1925): *Der moderne Zweckbau*. Berlin: Drei Masken Verlag.
- (1994): *La construcción funcional moderna*. Barcelona: Ediciones del Serval (1ª ed. 1925).

- BERMEJO, Luis (1940), «El Instituto Rockefeller». En Artigas *et al.* (1940), pp. 197-200.
- BLANCO, Alberto (2008a): «Teoría cuántica» <http://www.madrimasd.org/cienciay-sociedad/poemas/poesia.asp?id=436>, consulta enero 2008).
- (2008b): «Teoría de la relatividad» <http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/poemas/poesia.asp?id=436>, consulta enero 2008).
- BLANCO, Francisco J. (1992): *Papel de los giros beta en el plegamiento de proteínas. Estudio por resonancia magnética nuclear*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- , Germán RIVAS y Luis SERRANO (1993): «NMR Evidence of a Short Linear Peptide that Folds into a β -hairpin in Aqueous Solution». *Journal of the American Chemical Society*, 115, pp. 5.887-5.888.
- BOGANOV, S. E. *et al.* (2005): «Gas phase kinetic and theoretical studies of reactions of germylenes and dimethylstannylene». *Russian Chemical Bulletin, International Edition*, 54:3, pp. 477-505.
- BOHIGAS, Oriol (1970): *La arquitectura española de la Segunda República*. Barcelona: Tusquets.
- (1998): *Modernidad en la arquitectura de la España republicana*. Barcelona: Tusquets.
- BÖHR, Niels (1924): *The theory of spectra and atomic constitution*. Cambridge: Cambridge University Press (2ª ed.).
- BONET CORREA, Antonio (1982): «El edificio Rockefeller». En *50 años de investigación...* (1982), pp. 112-116.
- (1983): «El edificio Rockefeller». *Arquitectura*, 241, pp. 69-72.
- BORGES, Jorge Luis (1941): «La biblioteca de Babel». En *El jardín de los secretos que se bifurcan*. Buenos Aires: Editorial Sur.
- BROTAS DE CARVALHO, Manuela (1970): *Adsorción de etano y etileno sobre sílice-alúmina*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- BRETT, Tom J. *et al.* (2002): «Accessory Protein Recruitment Motifs in Clathrin-Mediated Endocytosis». *Structure*, 10, pp. 797-809.
- BRU, Luis (1933): *Determinación de estructuras moleculares mediante difracción de electrones: VI, VII y VIII. Cloruro, bromuro y yoduro de etilo*. Madrid: Instituto Nacional de Física y Química (Trabajos del Instituto Nacional de Física y Química, nº 45).
- BLUNDELL, Tom *et al.* (1997): «Aspartic Proteinases: from the First X-Ray Photos of Pepsin Crystals to Hundreds of 3-D Structures». *Current Science*, 72, pp. 483-489.
- BRÚ VILLASECA, Luis (1982): «Determinación de estructuras cristalinas mediante difracción de rayos X. Antecedentes, período 1932-1936 y derivaciones». En *50 años de investigación...* (1982), pp. 89-94.
- CABREJAS MANCHADO, Mercedes (1987): *Determinación de superficies específicas de metales soportados mediante quimisorción selectiva (Ir soportado)*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- CABRERA, Blas (1915): «Estado actual de la teoría de los rayos X e Y». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, XIII, pp. 332-356.

- y Enrique MOLES (1912): «La teoría de los magnetones y la magnetoquímica de los compuestos férricos». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, X, pp. 316-394.
- , Enrique MOLES y Mariano MARQUINA (1925): «Magnetoquímica de las sales manganesas y ferrosas». Madrid: Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, Trabajos del Laboratorio de Investigaciones Físicas, 14.
- CACHO VIU, Vicente (1988): «La Junta para Ampliación de Estudios, entre la Institución Libre de Enseñanza y la Generación de 1914». En Sánchez Ron, coord. (1988), v. II, pp. 4-25.
- CAMPO, Ángel del (1910): «Métodos de análisis de alimentos». *Anales de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas*, II/6, pp. 309-492.
- (1915): «Los grupos de líneas no seriadas en el espectro del calcio». *Trabajos de Laboratorio e Investigaciones Físicas*, 68, pp. 32-49.
- CAPITEL, Antón (1981): «La construcción de la Colina de los Chopos de Madrid (de Antonio Flórez a Miguel Fisac)». *Arquitectura*, 52, pp. 11-13.
- (1983): «La construcción de la «Colina de los Chopos» en Madrid (de Antonio Flórez a Miguel Fisac)». *Arquitectura*, 4ª época, LXIV/241, pp. 18-21.
- CARBÓ, Ramón y Mariusz KLOBUKOWSKI, eds. (1990): *Self-Consistent Field, Theory and Applications*. Elsevier: Amsterdam (Studies in Physical and Theoretical Chemistry, 70).
- CARRIEDO, Gabino Alejandro: «Progresión incompleta de la línea y el número» (<http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/poemas/poesia.asp?id=436>, consulta enero 2008).
- CASARES Gil, José (1900): *Análisis químico*. Barcelona: Manuel Soler.
- (1908): *Técnica física de los aparatos de aplicación en los trabajos químicos*. Madrid: Tello.
- CASIANO, Martina (1915): *Experimentos de Física*. Bilbao: [s. n.].
- CASTILLEJO, José (1976): *Guerra de ideas en España. Filosofía, Política y Educación*. Madrid: Revista de Occidente (1ª ed. en inglés 1937).
- CASTILLEJO, David (1997-1999): *Epistolario de José Castillejo* (3 v.). Madrid: Editorial.
- CATALÁN, Miguel (1916): *Contribución al estudio del espectro del magnesio*. Madrid: Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, Trabajos del Laboratorio de Investigaciones Físicas, 29.
- (1917): *Investigaciones sobre las rayas últimas en los espectros de arco de los elementos*. Madrid: Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, Trabajos del Laboratorio de Investigaciones Físicas, 39.
- (1922): «Series and other Regularities in the Spectrum of Manganese», *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 223, pp. 127-173.
- CENTENARIO de Julio Palacios. 1891-1991. *Exposición: Julio Palacios, físico español*. Painza: Amigos de la Cultura Científica, Grupo de Trabajo de Análisis Dimensional, Banco Central.
- CHUECA GOITIA, Fernando (2001): *Historia de la arquitectura española*. Ávila: Fundación Cultural Santa Teresa y Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.

- CINCUENTENARIO de la mecánica cuántica [conferencias, curso 1974-1975] (1975). Madrid: Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- CIERVA VIUDES, Piedad de la (1933-1934): *Medida fotométricas de la reflexión de los rayos X* (3 v.). Toledo: A. Medina.
- *et al.* (1955): *Ensayos de fabricación de vidrio óptico*. Madrid: Patronato Juan de la Cierva.
- y Julio PALACIOS (s. f.): *Factores atómicos absolutos del azufre y del plomo*. Toledo: A. Medina.
- CLARET, Jaume (2004): *La repressió franquista a la universitat espanyola*. Tesis doctoral. Barcelona: Universidad de Barcelona (www.bibcat.info/90_2.pdf, consulta enero 2008).
- COLLINS, Brett M. *et al.* (2002): «Molecular Architecture and Functional Model of the Endocytic AP2 Complex». *Cell*, 109, pp. 523-535.
- COLOM, Francisco (1982): «Electroquímica, 1942-1967». En *50 años de investigación...* (1982), pp. 54-58.
- (1985a): «Palladium and Platinum». En Bard, Parsons y Jordan, eds. (1985), pp. 339-366.
- (1985b): «Rhodium and Iridium». En Bard, Parsons y Jordan, eds. (1985), pp. 382-390.
- (1985c): «Ruthenium and Osmium». En Bard, Parsons y Jordan, eds. (1985), pp. 413-428.
- COLOMINA, Manuel (1982): «Química física, 1940-1982». En *50 años de investigación...* (1982), pp. 18-38.
- «CONCURSO de anteproyectos para el Instituto de Física y Química de la Fundación Rockefeller» (1928). *Arquitectura*, 105, pp. 8-21.
- «CONCURSO de proyectos para el Instituto de Física y Química costeados por el International Education Board (Fundación Rockefeller-Junior)» (1927). *Gaceta de Madrid*, 6-IV-1927, pp. 169-171.
- IV CONGRESO Asociación Española para el Progreso de las Ciencias (1914). Madrid: AACP.
- «IX CONGRESO de Internacional de Química Pura y Aplicada». *Ibérica*, 3-V-1936, pp. 260-261.
- CONWAY, Brian E., John O'M. BOCKRIS y Ralph E. WHITE, eds. (1996): *Modern Aspects of Electrochemistry*. New York: Plenum Press, vol. 28.
- CORTÉS, Juan Antonio (1991): *El racionalismo madrileño. Casco antiguo y ensanche*. Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.
- COSSIO, Manuel B. (1901): *El maestro, la escuela y el material de enseñanza*. Madrid: La Lectura.
- COTTE, Marine *et al.* (2005): «New Insight on Ancient Cosmetic Preparation by Synchrotron-Based Infrared Microscopy». *Analytica Chimica Acta*, 553/1-2, pp. 105-110.
- COMPTON, Karl T. (1937): *Biographical Memoir of Augustus Trowbridge, 1870-1934*. Washington: National Academy of Sciences of the United States of America (Biographical Memoirs, XVIII).
- CURIE, Marie (1910): *Traité de radioactivité*. Paris: Gauthier-Villars.
- (1935): *Radioactivité*. Paris: Hermann.

CVETANIVIC, R. J. e Y. AMENOMIYA (1967): «Application of a Temperature-Programmed Desorption Technique to Catalyst Studies». *Advanced Synthesis & Catalysis*, 17, pp, 103-149.

«DECRETO de 22 de marzo de 1946 por el que se modifica el Reglamento del Consejo Superior de Investigaciones Científicas» (1946). *Boletín Oficial del Estado*, 4-IV-1946.

«DECRETO regulando el funcionamiento del Consejo Superior de Investigaciones Científicas» (1940). *Boletín Oficial del Estado*, 17-II-1940.

«EL DOCTOR Pérez Masía, maestro de investigadores» (1974). *El Trullo*, agosto.

DUPERIER, Arturo (1933): *Sobre las fluctuaciones del campo eléctrico terrestre*. Madrid: Bermejo.

ECHEGARAY, José de (1873): *Teorías modernas de la Física*. Madrid: [s. n.].

EDELING, Melissa A. *et al.* (2006): «Molecular Switches Involving the AP-2 Beta2 Appendage Regulate Endocytic Cargo Selection and Clathrin Coat Assembly». *Developmental Cell*, 10, pp. 329-342.

EINSTEIN, Albert (1923): *La teoría de la relatividad especial y general al alcance de todos*. Madrid: Amancio R. de Lara (tr. a la 14ª ed. Fernando Lorente del No).

EIRÍN, María Teresa (1975): *Modificación de la dinámica molecular de membranas lipídicas, inducidas por desimipramina*. Tesis doctoral. Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela.

ELGUERO, José (1991): «Química». En López Piñero, coord. (1991), pp. 229-262.

ESCAJA, N. *et al.* (2006): «Induced-fit Recognition of DNA by Small Circular Oligonucleotides». *Chemistry*, 12, pp. 4.035-4.042.

ESTRUCTURA y norma de la investigación nacional (1944). Madrid: CSIC.

EYRING, Henrt, John WALTER y George E. KIMBALL (1944): *Quantum Chemistry*. New York: John Wiley & Sons.

EZQUERRA, Tiberio A. (2006): *Dispersión de rayos X aplicado al análisis estructural de nanotubos de carbono polímeros y sus nanocomposites*. Ponencia presentada a la Escuela de Verano Jaca «Técnicas de caracterización de materiales de carbono: desde los nanotubos a las sustancias húmicas», 19-23-VI-2006 (http://www.iem.cfmac.csic.es/fmacro/fismacr_doc/fismacr_tutoriales/Jaca06.htm, consulta enero 2008).

FARIÑA, Francisco (1982): «Química orgánica, 1942-1967». En *50 años de investigación...* (1982), pp. 43-50.

«FEDERICO García Moliner, científico. El gran reto de este siglo es el conocimiento del cerebro» (2008). *Burriana Digital*, 4-I-2008 [entrevista] (<http://www.burrianasemanal.es/modules.php?name=News&file=article&sid=240>, consulta enero 2008).

FERNÁNDEZ, José M. (2007): *Espectroscopía Raman en chorros de gases* (<http://digital.csic.es/bitstream/10261/2596/1/Jets.pdf>, consulta enero 2008).

FERNÁNDEZ BIARGE, Julio, José HERRANZ y Jesús MORCILLO (1961): «The Interpretation of Infrared Intensities in Gases». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, (serie A), 57, pp. 81-92.

- FLORENCIO SABATÉ, Feliciano (1994): *Una historia del departamento de Cristalografía del Instituto de Química-Física Rocasolano*. Madrid (mimeo, Biblioteca del Instituto de Química Física Rocasolano)
- FLORES, Carlos (1961): *Arquitectura española contemporánea*. Madrid: Editorial Aguilar.
- FORD, Marijn G.J. *et al.* (2001): «Simultaneous Binding of PtdIns(4,5)P₂ and Clathrin by AP180 in the Nucleation of Clathrin Lattices on Membranes». *Science*, 291, pp. 1.051-1.055.
- *et al.* (2002): «Curvature of Clathrin-Coated Pits Driven by Epsin». *Nature*, 419, pp. 361-366.
- FORMENTÍN, Justo y Esther RODRÍGUEZ FRAILE (2001): *La Fundación Nacional para Investigaciones Científicas (1931-1939). Actas del Consejo de Administración y estudio preliminar*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- y María José VILLEGAS (1987): «Castillejo, organizador de la Junta para Ampliación de Estudios y de la Fundación Nacional para Investigaciones Científicas». En *José Castillejo y la política...* (1987), pp. 103-138.
- y María José VILLEGAS (2007): «Los pensionados de la JAE». En Puig-Samper, ed. (2007), pp. 95-102.
- FOSTER, Marie L., Gladys ANSLOW y Dorotea BARNÉS (1930): «A Study of Some of the Chemical Characteristics and the Absorption Spectrum of Cystine». *Journal of Biological Chemistry*, 89/2, pp. 665-673.
- FOTAKIS, Costas *et al.* (2006): *Lasers in the Preservation of Cultural Heritage: Principles and Applications*. London: Taylor & Francis.
- FOURNEAU, Ernest y Antonio MADINAVEITIA (1921): *Síntesis de medicamentos orgánicos*. Madrid: Calpe (prólogo de José Rodríguez Carracido).
- FOWLER, Alfred (1922): *Report on Series in Line Spectra*. London: Fleetway.
- FOX, Robert y Anna GUAGNINI (1999): «Laboratories, Workshops, and Sites. Concepts and Practices of Research in Industrial Europe, 1800-1914». *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 29, pp. 63-294.
- FOZ, Octavio R. y Julio PALACIOS (1935): *Constitución molecular de la quinhidrona*. Madrid: JAE, Trabajos del Instituto Nacional de Física y Química, 139.
- FRAMPTON, Kenneth (1981): *Historia crítica de la arquitectura moderna*. Barcelona. Gustavo Gili.
- FUNES, Enrique (1964): *Efectos de la radiación en el aceite de oliva*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- GALISON, Peter y Emily THOMPSON, eds. (1999): *The Architecture of Science*. Cambridge: MIT.
- GALLOP, Jennifer L. *et al.* (2006): «Mechanism of Endophilin N-BAR Domain-Mediated Membrane Curvature». *The Embo Journal*, 25, pp. 2.898-2.910.
- GAMBOA, José M. (1982): «Presentación». En *En 50 años de investigación...* (1982), pp. XI-XX.
- y Fernán ALONSO (1972): *Determinación de edades por el método de carbono-14*. Madrid: Instituto de Química-Física Rocasolano, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (marzo).

- , Fernán ALONSO y José MATEOS (1968): *Investigaciones radioquímicas de geocronología con carbono-14. Memoria final de la Ayuda de Investigación de la Fundación Juan March (grupo IV: Ciencias Químicas, 1965)*. Madrid: Instituto de Química-Física Rocasolano, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (marzo).
- GAMBOA LOYARTE, Isabel (1989): *Estudio de la adsorción de H₂, O₂ y CO en catalizadores de Co*. Tesos doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- GAMERO MERINO, Carmela (1986): *José Castillejo y la Junta para Ampliación de Estudios*. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- (1988): *Un modelo europeo de renovación pedagógica: José Castillejo*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- GARCÍA DE LA BANDA, Juan Francisco (1982): «Catálisis». En *50 años de investigación...* (1982), pp. 59-64.
- GARCÍA BLANCO, Francisco (1970): *Transición hélice-cadena estadística de co-polipéptidos*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- GARCÍA-BLANCO, Severino (1982): «Determinación de estructuras cristalinas mediante la difracción de rayos X. 1940-1982». En *50 años de investigación...* (1982), pp. 95-111.
- GARCÍA CAMARERO, Ernesto (1978): «La ciencia española en el exilio de 1939». En Abellán, ed. (1978), pp. 189-243.
- y Enrique GARCÍA CAMARERO (1970): *La polémica de la ciencia española*. Madrid: Alianza.
- GARCÍA LORCA, Federico (1940): *Poeta en Nueva York por Federico García Lorca, con cuatro dibujos originales. Poema de Antonio Machado. Prólogo de José Bergamín*. México: Árbol, Editorial Séneca.
- GARCÍA DE LUELMO, Francisco (1963): *Desnaturalización del fibrinógeno en superficies*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- GARCÍA POSADA, Miguel, ed. (2008): «Poesía y ciencia» (<http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/poemas/poesia.asp?id=436>, consulta enero 2008).
- GARCÍA VELARDE, Manuel (1991): «Resultados básicos en física de estados sólidos». *El País*, 23-XI-1991, pp. 1 y Futuro/3.
- GINER DE LOS RÍOS, Bernardo (1952): *Cincuenta años de arquitectura española: 1900-1950*. Mexico: Patria.
- GINER DE LOS RÍOS, Francisco (1916-1927): *Obras completas* (17 v.). Madrid: Espasa-Calpe.
- GIRAL, Francisco (1982): «Química orgánica, 1932-1939». En *50 años de investigación...* (1982), pp. 39-42.
- (1994): *CIENCIA ESPAÑOLA EN EL EXILIO (1939-1989). EL EXILIO DE LOS CIENTÍFICOS ESPAÑOLES*. BARCELONA: ANTHROPOS.
- (1986): *Einstein y los españoles. Ciencia y sociedad en la España de entreguerras*. Madrid: Alianza.
- GLICK, Thomas F. (1988): «La Fundación Rockefeller en España: Augustus Trowbridge y las negociaciones para el Instituto Nacional de Física y Química, 1923-1927». En Sánchez Ron, coord. (1988), vol. II, pp. 281-300.
- GOICOECHEA, Ángel (1962): *Interacción del Zn²⁺ con las proteínas sanguíneas: estudio con ⁶⁵Zn y agentes complejantes*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

- GONZÁLEZ IBÁÑEZ, Carlos (1991): *Espectroscopia de RMN bidimensional. Estructura tridimensional de proteínas*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- GONZÁLEZ DE POSADA, FRANCISCO, DOMINGA TRUJILLO JACINTO DEL CASTILLO y FRANCISCO A. GONZÁLEZ REDONDO, COORDS. (2004): *Actas del III simposio ciencia y técnica en España de 1898 a 1945: Cabrera, Cajal, Torres Quevedo: 10, 11 y 12 de julio de 2001* (13 vv.). Lanzarote: Amigos de la Cultura Científica.
- GONZÁLEZ REDONDO, FRANCISCO A., ROSARIO E. FERNÁNDEZ TERÁN y AMOR GONZÁLEZ REDONDO (2004): «Cajal y la nueva senda de la química orgánica en España. En torno a Antonio Madinaveitia Tabuyo». En González de Posada, Trujillo Jacinto del Castillo y González Redondo, coords. (2004), v. 13, pp. 127-142.
- GRÖNLUND, RASMUS, MATS LUNDQVIST y SUNE SVANBERG (2006): «Remote Laser Induced Breakdown Spectroscopy and Laser Induced Fluorescence Spectroscopy Using Nanosecond Pulses from a Mobile Lidar System». *Applied Spectroscopy*, 60/8, pp. 853-859.
- GROTHUSS, THEODOR (1820): *Physisch-Chemische forschungen*. Nurnberg.
- GUERRERO, SALVADOR (2003): «Sede de la Junta para Ampliación de Estudios y Centro de Estudios Históricos (Madrid)». En Sambricio, ed (2003), pp. 200-209.
- (2007a): «La Colina de los Chopos: un campus para la pedagogía y la ciencia en la España del siglo XX». En Puig-Samper, ed. (2007), pp. 47-54.
- (2007b): «El conjunto urbano del CSIC: retórica y experimentalismo en la arquitectura española del primer franquismo». En Puig-Samper, ed. (2007), pp. 285-292.
- GUTIERREZ, CLAUDIO (1996): «Potential-Modulated Reflectance Spectroscopy Studies of the Electronic Transitions of Chemisorbed Carbon Monoxide». En Conway, Bockris y White, eds. (1996): cap. 2.
- y CARLOS MELENDRES, eds. (1990): *Spectroscopic and Diffraction Techniques in Interfacial Electrochemistry*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers (serie C de NATO-ASD).
- GUTIÉRREZ MERINO, CARLOS (1976): *Estudios químico-físicos de la interacción de efectores alostericos con fosforilasab- de musculo de esqueleto de conejo*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- GUZMÁN, JULIO (1914): *El cátodo de cobre en electroanálisis*. Madrid: Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, Trabajos del Laboratorio de Investigaciones Físicas, 3.
- (1932): *Macroelectroanálisis y separación rápida del cobre y níquel*. Madrid: Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, Trabajos del Instituto Nacional de Física y Química, 24.
- (1935): *Análisis electrométrico*. Madrid: Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, Trabajos del Instituto Nacional de Física y Química, 117.
- HENNE, WILLIAM M. *et al.* (2007): «Structure and Analysis of FCHO2 F-BAR Domain: A Dimerizing and Membrane Recruitment Module that Effects Membrane Curvature». *Structure*, 15, pp. 1-14.

- HERMOSO, Juan A. *et al.* (2005): «Insights into Pneumococcal Pathogenesis from the Crystal Structure of the Modular Teichoic acid Phosphorylcholine Esterase Pce». *Nature Structural & Molecular Biology*, 12/6, pp. 533-538.
- HERNÁNDEZ, Félix y A. Ulises ACUÑA (1999): *La biblioteca de Física y Química del Instituto de Química Física Rocasolano*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- HERNÁNDEZ NEIRA, José L. (1982): *Obtención y análisis de los espectros de luminiscencia de iones de tierras raras en solución sólida*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- HIDALGO, Antonio (1982): «Espectroscopía y Óptica». En *50 años de investigación...* (1982), pp. 81-85.
- HISTORIA general de las literaturas hispánicas* (7 v.) (1968). Barcelona: Vergara.
- HÖNING, Stefan *et al.* (2005): «Phosphatidylinositol-(4,5)-Bisphosphate Regulates Sorting Signal Recognition by the Clathrin-Associated Adaptor Complex AP2». *Molecular Cell*, 19, p. 577.
- HURTADO TORÁN, Eva (1994): «Del Cerro del Viento a la Colina de los Chopos». *Arquitectura*, 297, pp. 66-74.
- IBÁÑEZ MARTÍN, José (1950b): *X Años de servicios a la cultura española, 1939-1949*. Vitoria y Madrid: Heraclio Fournier y Magisterio Español.
- INSTITUTO DE CATÁLISIS Y PETROLEOQUÍMICA (1982): *Memoria*. Madrid: ICP, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- INSTITUTO Nacional de Física y Química* (1932). Madrid: Instituto Nacional de Física y Química, Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, C. Bermejo Impresor.
- INSTITUTO DE QUÍMICA FÍSICA ROCASOLANO (2007): *Memoria científica 2005/2006*. Madrid: IQFR, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- «EL INSTITUTO Nacional de Física y Química» (1932). *La Construcción Moderna*, XXX/4, pp. 37-38.
- «INSTITUTO Nacional de Física y Química. Madrid» (1932). *Obras*, 7, abril 1932, pp. 87-92.
- JAE-CSIC 100 años (<http://www.csic.es/wi/webs/jae/>, consulta enero 2008).
- JÍMEZ, María Ángeles (1986): *Estructura secundaria en disolución de fragmentos peptídicos de ribonucelasa A*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- JÍMEZ FRAUD, Alberto (1960): *Cincuentenario de la Residencia de Estudiantes 1910-1960*. Oxford: edición privada, y Valencia: Tipografía Moderna.
- (1972): *La Residencia de Estudiantes. Visita a Maquiavelo*. Esplugues de Llobregat: Ariel.
- JÍMEZ-LANDI, Antonio (1973): *La Institución Libre de Enseñanza* (4 v.). Madrid: Taurus.
- José Castillejo y la política europeísta para la reforma de la educación española* (1987). Ciudad Real: Diputación de Ciudad Real.
- JOU, David (2008): «Homenaje a Ramón y Cajal» (<http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/poemas/poesia.asp?id=436>, consulta enero 2008).

- «JUNTA para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas.-Anuncios convocando al profesorado y alumnos de los establecimientos de enseñanza para la concesión de pensiones destinadas á ampliación de estudios en el extranjero» (1907). *Gaceta de Madrid*, 13-VII-1907, p. 162-163.
- «Los jurados de los Premios Nacionales de Investigación han fallado los galardonados de la edición 2003» (2003). http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/jvazquez/MCYTPremio_archivos/notasprensa.html (consulta enero 2008).
- KAINOSHO, Masatsune *et al.* (2005): «Optimal Isotope Labelling for NMR Protein Structure Determinations». *Nature*, 440, pp. 52-57.
- KAMMERLINGH ONNES, Heikev (1911): «The Superconductivity of Mercury». *Commun Physic Laboratory University of Leiden*, 122-124: 317-36.
- KANNGISSER, Birgit *et al.* (2005): «Three dimensional micro-XRF investigations of paint layers with a tabletop set up». *Spectrochimica Acta Part B*, 60, pp. 41-47.
- KIRCHHAUSEN, Tom (2000): «Clathrin». *Annual Review of Biochemistry*, 69/1, pp. 699-727.
- KITA, Hideaki *et al.* (1988): «Electrochemical Oxidation of CO on Pt in Acidic and Alkaline Solutions. I: Voltammetric Study on the Adsorbed Species and Effects of Aging and Sn(IV) Pretreatment». *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*, 256/22, pp. 371-385.
- KRIGBAUM, W. R. y Antonio ROIG (1959): «Dipole Moments of Atactic and Isotactic Polystyrene». *Journal of Chemical Physics*, 31, pp. 544-545.
- KUMAR, Challa S. S. R. *et al.*, eds. (2005): *Nanofabrication Towards Biomedical Applications: Techniques, Tools, Applications, and Impact*. Weinheim: Wiley-VCH.
- KURATA Michio, Walter H. STOCKMEYER y Antonio ROIG (1960): «Excluded Volume Effect of Linear Polymer Molecules». *Journal of Chemical Physics*, 33, pp. 151-155.
- «LOS LABORATORIOS de la Residencia» (1934). *Residencia*, 5, pp. 26-30.
- LACASA, Luis (1929a): «Europa y América: bajo y sobre el racionalismo de la Arquitectura». *Arquitectura*, nº enero, y Lacasa (1976), pp. 132-149.
- (1976): *Luis Lacasa. Escritos. 1922-1931*. Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.
- y Manuel SÁNCHEZ ARCAS (1932): «El Instituto Nacional de Física y Química. La Fundación Rockefeller». *Anta*, I/6, p. 11.
- LAFUENTE, Antonio (1982): «La relatividad y Einstein en España». *Mundo Científico*, 15, pp. 584-591.
- Y TIAGO SARAIVA (2001): «El ensanche de la ciencia (1834-1936)». En Pinto Crespo, ed. (2001), pp. 140-169.
- Y TIAGO SARAIVA (2004): «The urban scale of Science ant the enlargement of Madrid (1851-1936)». *Social Studies of Science*, 34, pp. 531-569.
- LAIÑ ENTRALGO, Pedro (1949): *España como problema*. Madrid: Escelicer.
- , coord. (1994): *La Edad de Plata de la cultura española (1898-1936)* (2 v.). En *Historia de España* (42 v.). Madrid: Espasa Calpe, v. XXXIX/II.

- LANGEVIN, Paul (1911): *La Théorie du Rayonnement et les Quanta*. París: Gauthier-Villars.
- LAPORTA, FRANCISCO (1992): «La Junta para Ampliación de Estudios: primeras fatigas». *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*, 14, 2ª época, pp. 39-51.
- , JAVIER SOLANA, ALFONSO RUIZ MIGUEL y VIRGILIO ZAPATERO (1980): *La Junta para ampliación de Estudios e Investigaciones científicas (1907-1936)* [4 v.]. Inédito. Madrid: Fundación Juan March, 1980.
- , ALFONSO RUIZ MIGUEL, VIRGILIO ZAPATERO y JAVIER SOLANA (1987): *Los orígenes culturales de la Junta para Ampliación de Estudios*. Monográfico de *Arbor*, 493.
- , JAVIER SOLANA, ALFONSO RUIZ MIGUEL, VIRGILIO ZAPATERO y TERESA RODRÍGUEZ LACETA (1987): *La Junta para Ampliación de Estudios (2ª parte)*. Monográfico de *Arbor*, 499-500.
- LATIMER, Wendell y WORTH H. RODEBUSH (1920): «Polarity and Ionization Form the Standpoint of the Lewis Theory of Valence». *Journal of the American Chemical Society*, 42, pp. 1.419-1.433.
- LEÓN MAROTO, Andrés (1931): *Exposición de la enseñanza cíclica de la Física y Química* (2 v.). Madrid: JAE, Instituto-Escuela.
- «LEY creando el Consejo Superior de Investigaciones Científicas» (1939). *Boletín Oficial del Estado*, 28-XI-1938, pp. 6.668-6.671.
- LIBRO en honor de D. S. Ramón y Cajal* (2 v.). (1922). Madrid: Junta para el Homenaje a Cajal.
- LIFSON, Schneior y ANTONIO ROIG (1961): «On the Helix-Coil Transition in Polypeptides». *Journal of Chemical Physics*, 34, pp. 1963-1974.
- LILLO, María Pilar (1985): *Polarización de fluorescencia y rotación browniana. Aplicación a macromoléculas biológicas*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- *et al.* (2002): «The Location and Properties of the Taxol Binding Center in Microtubules: A Picosecond Laser Study with Fluorescent Taxoids». *Biochemistry*, 41, pp. 12.436-12.449.
- LLOPIS, Juan y J.T. DAVIES (1955): «Surface Studies on a New Poly-aminoacid». *Proceedings of the Royal Society of London*, 227/1171 (Series A, Mathematical and Physical Sciences), pp. 537-552.
- y Juan A. SUBIRANA (1961): «Equation of state for monolayers of chain molecules». *Journal of Polymer Science*, 60/170, pp. 113-120.
- LLORCA, Jordi *et al.* (2002): «Efficient Production of Hydrogen over Supported Coabatl Catalysts from Etanol Steam Reformig». *Journal of Catalysis*, 209:2, pp. 306-317.
- LÓPEZ, María *Fetal.* (2004): «Growth-Regulatory Human Galectin-1: Crystallographic Characterisation of the Structural Changes Induced by Single-site Mutations and their Impact on the Thermodynamics of Ligand Binding». *Journal of Molecular Biology*, 343/4, pp. 957-970.
- LÓPEZ-CABARCOS, Enrique *et al.* (1981): «The Paracrystalline Nature of the Purple Membrane of *Halobacterium halobium*. II Packing of the Membranes». *Colloid & Polymer Science*, 259, pp. 641-644.
- LÓPEZ-OCÓN, Leoncio (2003): *Breve historia de la ciencia española*. Madrid: Alianza.

- (2007): «José Castillejo:entrelazando las hebras de un artífice de la JAE». En Puig-Samper, ed. (2007), pp. 77-86.
- LÓPEZ PIÑERO, José M. (1968): «La literatura científica en la España contemporánea». En *Historia general de las...* (1968). Barcelona: Vergara, v. IV, pp. 675-677.
- , coord. (1990): *España, ciencia*. Madrid: Espasa-Calpe (colección España, v. 4).
- , Thomas F. GLICK, Víctor NAVARRO BROTONS y Eugenio PORTELA MARCO (1983): *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España* (2 v.). Barcelona: Península.
- LORA TAMAYO, Emilio (1981): *La investigación química española*. Madrid: Editorial Alhambra.
- LORA TAMAYO, Manuel (1990): «Recuerdos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en su 50º Aniversario». *Arbor*, 529, pp. 99-119.
- MACHADO, Antonio (1912): *Campos de Castilla*. Madrid: Establecimiento Tipográfico y Editorial Renacimiento.
- MADINAVEITIA, Antonio (1913): *Los fermentos oxidantes: memoria presentada para aspirar al grado de doctor en Farmacia*. Madrid: Imprenta de Bernardo Rodríguez.
- (1927): *La enseñanza de la química orgánica: discurso leído en la solemne inauguración del curso académico de 1927 a 1928*. Madrid: Universidad Central, Imprenta Colonia.
- (1929): *Programa de química orgánica aplicada a la Farmacia*. Madrid: Librería General de Victoriano Suárez.
- MAEZTU, María de (1920): *The higher education of women in Spain*. London: [s. n.] (copia en Archivo de la Residencia de Señoritas, Madrid).
- MAGALLÓN, Carmen (2004): *Pioneras españolas en las ciencias. Las mujeres del Instituto Nacional de Física y Química*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- (2006): «Mujeres en las sociedades científicas. Martina Casiano Mayor: la primera socia de la Sociedad Española de Física y Química». *Revista Española de Física* (Madrid), 20/2, pp. 62-69.
- (2007): «La JAE y las pioneras en las ciencias». . En Puig-Samper, ed. (2007), pp. 221-228.
- MAINER, José C. (1987): *La edad de plata (1902-1939). Ensayo de interpretación de un proceso cultural*. Madrid: Cátedra.
- MANRIQUE, Jorge (1978): «Coplas por la muerte de su padre». En *Obra completa*. Barcelona: Libros Río Nuevo, Ucieza (ed. Miguel de Santiago, escritas c 1476).
- MAÑES, Xavier (2007): *Determinación de las estructuras cristalinas en España*. Barcelona: CEHIC, Universidad Autónoma de Barcelona (www.recercat.net/bitstream/2072/4404/1/TR+Xavier+Ma%C3%B1es.pdf, consulta enero 2008).
- MARCHESI, E. (1932): «Las instalaciones eléctricas de experimentación del Instituto Nacional de Física y Química, Fundación Rockefeller en Madrid». *Revista SIEMES*, 2, pp. 1-7.
- MARCO, José F. (2007): «High Temperature Oxidation Behaviour of Ti/TiCrN and Cr/TiCrN Bilayer Coatings» (http://surflab.dhs.org/surflab/presentations/ECASIA_2007_Poster_JFMarco.pdf, consulta enero 2008).

- MARICHAL, Juan (1990): *El intelectual y la política en España (1898-1936)*. Madrid: CSIC.
- MARTÍN BRAVO, Felisa (1926a): «Determinación de la estructura cristalina del óxido de níquel, del óxido de cobalto y del sulfuro de plomo». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 25.
- (1926b): *Determinación de la estructura cristalina del óxido de níquel, del óxido de cobalto y del sulfuro de plomo*. Tesis doctoral. Toledo: A. Medina.
- MARTÍNEZ ALONSO, Carlos (2007): «El CSIC a comienzos del siglo XXI». En Puig-Samper, ed. (2007), pp. 397-402.
- MARTÍNEZ CARRERERA, Sagrario (1994): «Prólogo». En Florencio Sabaté (1994), s. p.
- MARTÍNEZ-RISCO, Manuel (1911): «La asimetría de los tripletes de Zeeman». En Martínez-Risco (1976).
- (1976): *Oeuvres scientifiques*. Paris: Puf Paru.
- MATEO, Carmen Reyes (1989): *Estructura y dinámica de las biomembranas observada por espectroscopia de fluorescencia con resolución temporal: la membrana plasmática de plaqueta humana*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- MATTLA, Pieta K. *et al.* (2007): «Missing-in-Metastasis and IRSp53 Deform PI(4,5) P2-rich Membranes by an Inverse BAR Domain-Like Mechanism». *Jornal of Cell Biology*, 176, pp. 953-964.
- MAURE RUBIO, Lilia (1987): *Secundino Zuazo, arquitecto*. Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.
- McMAHON, Harvey T. y Jennifer L. GALLOP (2005): «Membrane Curvature and Mechanisms of Dynamic Cell Remodelling». *Nature*, 438, pp. 590-596.
- MEMORIA del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (1940-2008). Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- MEMORIA de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (1908-1935). Madrid: Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas.
- MEMORIA de la Secretaría General del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (1940-1975). Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- MEMORIAS correspondientes a los años 1932, 1933 y 1934 (1935). Madrid: Fundación Nacional para Investigaciones Científicas y Ensayos de Reformas.
- MILLARD, Thomas H. *et al.* (2005): «Structural Basis of Filopodia Formation Induced by the IRSp53/MIM Homology Domain of Human IRSp53». *The Embo Journal*, 24, pp. 240-250.
- MINGARRO, Antonio (1982): «Electroquímica, 1932-1936». En *50 años de investigación...* (1982), pp. 51-53.
- MOLES, Enrique (1915): *Acerca de las soluciones de selenio y de telurio en ácido sulfúrico absoluto*. Madrid: Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, Trabajos del Laboratorio de Investigaciones Físicas, 3.
- (1917): *Contribution à la révision du poids atomique du brome. Détermination de la densité normale du gaz bromhydrique*. Tesis doctoral nº 581. Genève: Université de Genève, Faculté des Sciences.

- (1923): *Estudio crítico de las medidas modernas, acerca de la densidad del oxígeno*. Madrid: Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, Trabajos del Laboratorio de Investigaciones Físicas; 76.
- (1934): *Nueva revisión de la masa del litro normal de gas amoníaco: peso atómico del nitrógeno*. Madrid: Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, Trabajos del Instituto Nacional de Física y Química; 106.
- MONARDES, Nicollas B. (1565): *Dos libros / El vno que trata de todas las cosas que traen de nuestras Indias Occidentales que siruen al uso de Medicina y como se ha de usar la rayz de Mechoacan, purga excelentissima. El otro libro trata de dos medicinas maravillosas que son contra todo veneno, la piedra Bezaar y la yerba Escuerzonera*. Sevilla: Sebastián Trujillo.
- MONTEJO, José Miguel (1989): *Aplicación de la espectroscopia láser de tripletes a la dinámica rotacional de macromoléculas*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- MONTORO ROMERO, Ricardo (1981): *La Universidad en la España de Franco (1939-1970)*. Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas, 1981.
- MORALES, Gregorio (2008a): «Materia mental» (<http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/poemas/poesia.asp?id=436>, consulta enero 2008).
- (2008b): «Supercuerdas» (<http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/poemas/poesia.asp?id=436>, consulta enero 2008).
- MORENO, Antonio (1988a): *Una ciencia en cuarentena. La Física académica en España (1750-1900)*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- (1988b): «DE LA FÍSICA COMO MEDIO A LA FÍSICA COMO FIN. UN EPISODIO ENTRE LA ILUSTRACIÓN Y LA CRISIS DEL 98». EN SÁNCHEZ RON, ED. (1988), pp. 27-70.
- (1998): «La Sociedad Española de Física y Química: una institución para la regeneración patria». *Revista Española de Física*, 12:4, pp. 14-17.
- (2007): «Ensayos docentes de la Junta de Pensiones». En Puig-Samper, ed. (2007), pp. 229-242.
- y José M. SÁNCHEZ RON (1987): «La Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas: La vida breve de una institución ahora octogenaria». *Mundo Científico*, 65, pp. 18-33.
- MORENO CARACCILO, Manuel (1920): «El Laboratorio de Investigaciones Físicas». *El Sol* (20-IX-1920), p. 8.
- MORENO VILLA, José (2008): «La unidad» (<http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/poemas/poesia.asp?id=436>, consulta enero 2008).
- MUJER y Educación en España, 1868-1975. VI Coloquio de Historia de la Educación (1990). Santiago: Universidad de Santiago.
- NANOSCIENCE and nanotechnologies: opportunities and uncertainties, report by The Royal Society 2004* (<http://www.nanotec.org.uk/> consulta enero 2008).
- NANOTECHNOLOGY in the European Commission* (www.cordis.europa.eu/nanotechnology/home.html, consulta enero 2008).
- NAQVI K. Razi *et al.* (1973): «Spectroscopic Technique for Studying Protein Rotation in Membranes». *Nature New Biology*, 245(147), pp. 249-251.

- NATIONAL Nanotechnology Initiative (NNI) (www.nano.gov, consulta enero 2008).
- NERUDA, Pablo (1985): «Oda a los números». En *Odas elementales*. Madrid: Ediciones Cátedra.
- NEWMAN, Andrés (2008): «La energía» (<http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/poemas/poesia.asp?id=436>, consulta enero 2008).
- NGUYEN, K. Lien *et al.* (2006): «Three-Dimensional Imaging with a Terahertz Quantum Cascade Laser». *Optics Express*, 14, pp. 2.123-2.129.
- NOGALES, Aurora (2007): *Los polímeros del siglo XXI*. Madrid: Instituto de Estructura de la Materia, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (<http://digital.csic.es/bitstream/10261/2587/1/XXI.pdf>, consulta enero 2008).
- ORTEGA Y GASSET, José (1914): *Meditaciones del Quijote*. Madrid: Residencia de Estudiantes.
- (1923): *El tema de nuestro tiempo*. En Ortega y Gasset (1958-1970): *Obras completas* (10 v.). Madrid: Revista de Occidente, Alianza Editorial, v. 1.
- (1950-1970): *Obras completas* (10 v.). Madrid: Revista de Occidente, Alianza Editorial.
- OSTWALD, Wilhelm (1911): *La energía*. Madrid: Libería Gutenberg de José Ruiz (ed. J. R. Ferreruela).
- OTERO CARVAJAL, Luis E. (2000): «La ciencia en España. Un balance del siglo XX». *Cuadernos de Historia Contemporánea*, 22, pp. 183-224.
- , dir. (2006): *La destrucción de la Ciencia en España. Depuración universitaria en el franquismo*. Madrid: Editorial Complutense.
- OWEN, David J. *et al.* (1999): «A Structural Explanation for the Binding of Multiple Ligands by the Alpha-Adaptin Appendage Domain». *Cell*, 97, PP. 805-815.
- *et al.* (2000): «The Structure and Function of the Beta 2-Adaptin Appendage Domain». *The Embo Journal*, 19, pp. 4.216-4.227.
- *et al.*, (2004): «Adaptors for Clathrin Coats: Structure and Function». *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 20, pp. 153-191.
- y Philip R. EVANS (1998): «A structural explanation for the recognition of tyrosine-based endocytotic signals». *Science*, 282, pp. 1.327-1.332.
- PALACIOS, Julio (1923): *Flujo de gases a través de tubos capilares*. Madrid: Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, Trabajos del Laboratorio de Investigaciones Físicas, 67.
- (1924): *Radiodifusión, construcción, manejo y teoría elemental de los modernos receptores radiotelefónicos*. Madrid: Voluntad.
- (1942): *Termodinámica y constitución de la materia*. Madrid: Universal.
- (1948): «Observations sur la diffusion des rayons X par les cristaux de ClO_3Na ». *Acta Crystallographica*, 1.
- PALACIOS, Luis (1979): *José Castillejo: última etapa de la Institución Libre de Enseñanza*. Madrid: Narcea.
- (1986): *Castillejo, educador*. Ciudad Real: Diputación, Área de Cultura.
- PASTOR, Reyna y Alberto SÁNCHEZ ALVAREZ-INSÚA, coords. (1996): *El CSIC: medio siglo de investigación*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

- PARISER, Rudolph y Robert G. PARR (1953): «A Semi-Empirical Theory of the Electronic Spectra and Electronic Structure of Complex Unsaturated Molecules». *Journal of Chemical Physics*, 21, pp. 466-497.
- PÉREZ VICTORIA, Augusto, ed. (1985): *Enrique Moles: La vida y la obra de un químico español*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- PÉREZ-VILLANEVA, Isabel (1990): *La Residencia de Estudiantes. Grupos universitario y de señoritas. Madrid, 1910-1936*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid.
- PERDIGÓN MELÓN, José Antonio (1999): *Caracterización textural y químico física superficial de zeolitas de interés catalítico*. Tesis doctoral. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá.
- PESET, José L. (1993): *Las heridas de la Ciencia*. Salamanca: Junta de Castilla y León.
- y Elena HERNÁNDEZ SANDOICA (1994): «Instituciones científicas y educativas». En Laín Entralgo, coord. (1994), pp. 547-580.
- PESSÔA, FERNANDO (2008): «El binomio de Newton es tan bello como la Venus de Milo». (<http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/poemas/poesia.asp?id=436>, consulta enero 2008).
- PETER, Brian J. *et al.* (2004): «BAR Domains as Sensors of Membrane Curvature: The Amphiphysin BAR Structure». *Science*, 303, pp. 495-499.
- PINTO CRESPO, Virgilio, ed. (2001): *Madrid. Atlas histórico de la ciudad, 1850-1939*. Madrid: Lumwerk.
- PIÑA DE RUBÍES, Santiago (1914): *Isoterma de solubilidad a 25° del cloruro lítico en mezclas de agua y alcohol*. Madrid: Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, Trabajos del Laboratorio de Investigaciones Físicas, 7.
- (1916): *Estudio espectroquímico del platino nativo*. Madrid: Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, Trabajos del Laboratorio de Investigaciones Físicas, 26.
- (1921): «Determinación espectrográfica de los cationes de algunas aguas mineralo-medicinales españolas». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 29, pp. 235-246.
- y Josefa GONZÁLEZ AGUADO (1935): *Rayas analíticas y cuantitativas del hafnio (celtio) en el espectro de arco*. Tirada aparte de *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química* (Madrid).
- PLIETH, Waldfried, Gorge S. WILSON y Claudio GUTIÉRREZ (1998): «Spectroelectrochemistry: A Survey of *in situ* Spectroscopic Techniques». *Pure Applied Chemistry*, 70, pp. 1.395-1.414.
- POULI, Paraskevi *et al.* (2007): «Femtosecond Laser Cleaning of Painted Artefacts; Is this the Way Forward?». En *Proceedings of the 6th...* (2007).
- PRESAS I PUIG, Albert (2007): «Las ciencias físicas durante el primer franquismo». En Puig-Samper, ed. (2007), pp. 299-304.
- PROCEEDINGS of the 6th International Conference on Lasers in the Conservation of Artworks (LACONA VI)* (2007). Vienna: Springer Proceedings in Physics.
- PROJECT on Emerging Nanotechnologies of the Woodrow Wilson Center International Center for Scholars* (<http://www.nanotechproject.org/>, consulta enero 2008).

- PUIG-SAMPER, Miguel Ángel (ed.): *Tiempos de investigación. JAE-CSIC, cien años de ciencia en España*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- y Antonio SANTAMARÍA (2007): «Introducción». En Puig-Samper, ed. (2007), pp. 16-19.
- RAMÓN Y CAJAL, Santiago (1899): *Reglas y consejo sobre investigación biológica*. Madrid: Fortanet.
- (1901): *Mi infancia y juventud*. Madrid: Nicolás Moya.
- (1920): *Charlas de Café. Pensamientos, anécdotas y confidencias*. Madrid: Librería de Nicolás Moya.
- (1934): *El mundo visto a los ochenta años. Impresiones de un arterioesclerótico*. Madrid: Tipografía Artística (2ª ed.).
- (1954): *Obras literarias completas*. Madrid: Aguilar.
- (1981): *Recuerdos de mi vida: historia de mi labor científica*. Madrid: Alianza (1ª ed. 1917).
- RANEDO, José (1929): *Un método rápido para distinguir el carbonato cálcico precipitado y el obtenido por pulverización de calizas y cretas*. Madrid: [s. n].
- y A. LEÓN (1929): *Isómeros de los ácidos [alfa] y [beta] naftoicos obtenidos por hidrogenación, catalítica*. Madrid: [s. n].
- y Ascensión VIDA (1930): *Perhidrogenación catalítica de la isoquinoleína*. Madrid: [s. n].
- «REAL Decreto agrupando, bajo la dependencia de la Junta para Ampliación de Estudios, y con la denominación de Instituto Nacional de Ciencias Físicas y Naturales, determinados centros de enseñanza» (1910). *Gaceta de Madrid*, 29-V-1910, pp. 410-411.
- «REAL DECRETO autorizando al ministro de Instrucción Pública y Bellas Artes para la adquisición del terreno con destino a la construcción de un edificio para el Instituto de Física y Química» (1926). *Gaceta de Madrid*, 22-VII-1926, p. 547.
- «REAL Decreto creando una Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas» (1907). *Gaceta de Madrid*, 15-I-1907, pp. 165-166.
- «REAL Decreto modificando en la forma que se expresa, el de 11 de enero de 1907, que constituyó la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas» (1910). *Gaceta de Madrid*, 18-I-1910, p. 196-198.
- «REAL Decreto modificando en la forma que se expresa, el Reglamento de 16 de Junio de 1907, porque se rige la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas» (1910). *Gaceta de Madrid*, 28-I-1910.
- «REAL ORDEN aprobando, en forma que se indica, la propuesta de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas» (1925). *Gaceta de Madrid*, 3-VIII-1925, pp. 802-803.
- «REAL ORDEN autorizando al subsecretario de Instrucción Pública para aceptar la donación de la Institución Rockefeller, haciendo constar la gratitud de España por tal motivo» (1925). *Gaceta de Madrid*, 26-XI-1925, pp. 1.042-1.043.
- «REAL ORDEN disponiendo la reorganización, en la forma que se indica, de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas» (1926). *Gaceta de Madrid*, 22-V-1926, p. 1.055.

- «REAL ORDEN (rectificada) prorrogando hasta el 1º de julio próximo el plazo que se fijó por Real orden de 24 de Mayo último para la constitución de la Junta de ampliación de estudios e investigaciones científicas» (1926). *Gaceta de Madrid*, 3-VI-1926, p. 154.
- REBOLLAR, Esther *et al.* (2006a): «Effect of Molecular Weight on the Morphological Modifications Induced by UV Laser Ablation of Doped Polymers». *Journal of Physical Chemistry. B, Condensed Matter, Materials, Surfaces, Interfaces, & Biophysical*, 110/33, pp. 16.452-16.458.
- *et al.* (2006b): «Influence of Polymer Molecular Weight on the Chemical Modifications Induced by UV Laser Ablation». *Journal of Physical Chemistry. B, Condensed Matter, Materials, Surfaces, Interfaces, & Biophysical*, 110/29, pp. 14.215-14.220.
- LOS REFUGIADOS *españoles y la cultura mexicana* (1994). Madrid: Residencia de Estudiantes.
- «REGLAMENTO por el que ha de regirse la Junta para Ampliación de Estudios» (1910). *Gaceta de Madrid*, 28-I-1910, pp. 198-200.
- «RELACIÓN de los trabajos publicados en el Laboratorio de Investigaciones Físicas». En *Instituto Nacional de Física...* (1932), pp. 13-16.
- «RESEÑA de los principales establecimientos científicos y laboratorios de investigación de Madrid» (1914). En *IV Congreso Asociación Española...* (1914).
- RESIDENCIA de Estudiantes 1926-1934* (1987). Madrid: CSIC (1ª ed. 1926-1934).
- REY PASTOR, Julio (1910): *Correspondencia de figuras elementales*. Madrid: Hijos de M. G. Hernández.
- (1929): *Teoría geométrica de la polaridad en las figuras de primera y segunda categoría*. Madrid: [s. n.].
- (1938): *Curso de cálculo infinitesimal*. Buenos Aires: [s. n.].
- (1942): *La ciencia y la técnica en el descubrimiento de América*. Buenos Aires: Espasa-Calpe.
- RIBAS, Ignacio (1925): «Tensión superficial de disoluciones de la sal sódica de los ácidos α y β -difenilsuccinicos y fumárico y maleico». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 23, pp. 148-150.
- RICHARDSON, Owen W. (1916): *The Electron Theory of Matter*. Cambridge: Cambridge University Press.
- RICO, Manuel (1991): «La técnica al servicio de la Química». *El País*, 23-XI-1991, pp. 1 y Futuro/3.
- *et al.* (1986): «Thermodynamic Parameters for the Helix-coil Thermal Transition of Ribonuclease-S-peptide and Derivatives from ^1H -nmr Data». *Biopolymers*, 25/6, pp. 1.031-1.053.
- RÍOS, Fernando de los (1916): *La filosofía del Derecho en don Francisco Giner y su relación con el pensamiento contemporáneo*. Madrid: Imprenta Clásica Española.
- (1932): *Escuela y despensa (homenaje a Costa)*. Madrid: Biblioteca, Educación Obrera.
- RIVAS, Germán (1989): *Aislamiento y caracterización molecular del receptor de fibrinogeno (la integrina GPIIb/IIIa) y de sus glicoproteínas consti-*

- tuyentes (GPIIBY GPIIA) de plaqueta humana*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- ROCASOLANO, Antonio de G. (1917): *Estudios químico-físicos sobre la materia viva*. Zaragoza: Tipografía de Gregoria Casañal.
- (1920): «La descomposición catalítica del agua oxigenada por electrosoles y electrogeles de platino». *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, 18, pp. 361-366.
- (1940a): «La investigación científica, acaparada y estropeada». En Artigas *et al.* (1940), pp. 149-160.
- (1940b): «La táctica de la institución». En Artigas *et al.* (1940), pp. 125-130.
- RODRÍGUEZ CARRACIDO, José (1887): *La nueva Química*. Madrid: Nicolás Moya.
- (1890): *La muceta roja*. Madrid: Fortanet.
- (1901): *El problema de la investigación científica en España*. Madrid: Imprenta de Eduardo Arias.
- (1926): *La formación de la materia viva*. Madrid: Blass.
- y Antonio MADINAVEITIA [s. a., 1921]: *Estudio farmacológico de la salicaria*. S. I. [Madrid]: Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, Jiménez y Molina Impresor.
- RODRÍGUEZ CRUCHAGA, José Miguel (1970): *Adsorción de nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono sobre óxido de cromo a bajas temperaturas*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- RODRÍGUEZ MOURELO, José (1883): *La radiofonía*. Madrid: M. G. Hernández.
- (1903): *Educación científica*. Madrid: Imprenta L. Aguado.
- ROMERO, Ana (2002): *La europeización de la ciencia: Cabrera, Moles, Rey Pastor: un proyecto truncado*. Tres Cantos: Nívola.
- y José M. SÁNCHEZ RON, eds. (2005): *Einstein en España*. Madrid: Residencia de Estudiantes y Sociedad Estatal de Conmemoraciones Culturales.
- RUBIO, Vicente *et al.* (1974): «Biophysical Properties of Bacteriophage phi29». *Virology*, 57/1, pp. 112-121.
- RUDZINSKI, Władysław y Douglas H. EVERETT (1992): *Adsorption of Gases on Heterogeneous Surfaces*. London: Academic Press, London.
- SAHA, Meghnad y N. K. SAHA (1934): *A Treatise on Modern Physics: Atoms Molecules and Nuclei*. Allahabad, Calcutta: Indian Press.
- SALAS, Margarita y Ana ROMERO, eds. (2006): *Severo Ochoa y la ciencia en España*. Madrid: Residencia de Estudiantes.
- SALVADÓ, Nati *et al.* (2002): «Identification of Copper-Based Green Pigments in Jaume Huguet's Gothic Altarpieces by Fourier Transform Infrared Microspectroscopy and Synchrotron Radiation X-Ray Diffraction». *Journal of Synchrotron Radiat.*, 1/9, pp. 215-222.
- SAMBRICIO, Carlos (1976): «Introducción». En Lacasa (1976), pp. 1-27.
- , ed. (2003): *Manuel Sánchez Arcas. Arquitecto*. Madrid: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.
- SÁNCHEZ, Alberto (1958): «Carta a Luis Lacasa. Septiembre de 1958». En Sánchez (1975).
- (1975): *Palabras de un escultor*. Valencia: Fernando Torres.

- SÁNCHEZ ALBORNOZ, Claudio (1974) *Con un pie en el estribo*. Madrid: Revista de Occidente.
- SÁNCHEZ ARCAS, Manuel (1926): «Notas de un viaje por Holanda». *Arquitectura*, nº marzo, pp. 103-111. Publicado también en Urrutia, coord. (2002), pp. 147-152.
- (1929): «La Central Médica de Nueva York». *Arquitectura*, abril, pp. 137-149.
- (1961): *Form und Bauweise der Schalen*. Berlin:VEB Verlag für Bauwesen.
- (1968): *Stadt und Verkehr- und Stadtplanung in den USA und in Westeuropa*. Belinn: Deutsche Bauinformation.
- SÁNCHEZ DEL RÍO, Carlos (1995a): «La aportación española a la Física». En Sánchez del Río (1995b).
- (1995b): *Escritos varios. Libro de homenaje de la Universidad Complutense de Madrid*. Madrid: Universidad Complutense.
- SÁNCHEZ RON, José M. (1988a): «La Física en España durante el primer tercio del siglo XX». En Sánchez Ron, ed. (1988), pp. 283-306.
- (1988b): «La Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas 80 años después, 1907-1987». En Sánchez Ron, coord. (1988), v. I, pp. 1-61.
- (1992): «Política científica e ideología: Albareda y los primeros años del Consejo Superior de Investigaciones Científicas». *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*, 14, pp. 53-74.
- (1994): *Miguel Catalán. Su obra y su mundo*. Madrid: Fundación Ramón Menéndez Pidal-Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- (1996): «Aproximación a la historia de la ciencia española contemporánea». En Pastor y Sánchez Alvarez-Insúa, coords. (1996).
- (1999): *Cinzel, martillo y piedra: historia de la ciencia en España (siglos XIX y XX)*. Madrid:Taurus, 1999.
- (2002), «International relations in Spanish physics from 1900 to the Cold War». *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 33/1, pp. 3-31.
- (2003): «La Física en España (I-V)». *Revista Española de Física*, 17/1-5.
- (2007a): «Las ciencias Físicas y Químicas en la JAE». En Puig-Samper, ed. (2007), pp. 103-114.
- (2007b): «La JAE un siglo después». En Puig-Samper, ed. (2007), pp. 29-38.
- , coord. (1988): *1907-1987. La Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas 80 años después* (2 vol.). Madrid: CSIC.
- , ed. (1988): *Ciencia y sociedad en España: de la Ilustración a la Guerra Civil*. Madrid: El Arquero-Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1988.
- SANCHO GÓMEZ, Juan (1982): «Química física y química inorgánica, década de los años 30». En *50 años de investigación...* (1982), pp. 5-17.
- SANTAMARÍA, Antonio (2007): «100 años de Investigaciones Científicas. JAE-CSIC (1907-2007)». <http://www.csic.es/wi/webs/jae/articulos.html> (consulta enero 2008).
- y Carlos González Ibáñez (2007): «75 años de investigación en el Rockefeller». En *75 años de investigación...* (2007), s. p.
- SANTESMASES, María J. y Ana ROMERO (2003): *La Física y las ciencias de la vida en el siglo XX: radiactividad y Biología*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.

- SCHMID, Eva M. *et al.* (2006): «Role of the AP2 Beta-Appendage Hub in Recruiting Partners for Clathrin-Coated Vesicle Assembly». *PLoS Biology*, 4/9, p. e262.
- SEMEYERS, Yves G. (1962): *Estructura electrónica de la molécula de tetrafloruro de carbono*. Madrid: Universidad de Madrid.
- (1989): «Teoría de grupos para moléculas no-rígidas. El grupo local aplicaciones». *Memorias de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 13, pp. 1-53.
- (1990): «Extended Hartree-Fock Models: A Comprehensive Review». En Carbó y Klobukowski, eds. (1990), pp. 80-135.
- SENENT, Salvador (1975): «La química cuántica: su importancia el desarrollo de la química moderna». En *Cincuentenario de la mecánica...* (1975).
- SENENT, María Luisa (2004): «Moléculas no-rígidas de interés en astroquímica: la glicina y el glicolaldehído». Ponencia presentada a los Seminarios Semanales de Astrofísica, Astro Colloquium de INAOE (<http://www.inaoep.mx/~astrocol/ivanio/senent.abs.html>, consulta enero 2008).
- «LA SOCIEDAD «Kaiser Wilhelm» para el Fomento de las Ciencias. Su organización y sus actividades» (1929). *Investigación y Progreso*, III/3 (1 de marzo), pp. 18-20.
- SOMMERFELD, Arnold (1901-1908): *Physik* (3 v.): Leipzig: B. G. Teubner.
- (1921): *Atombau und spektrallinien*. Braunschweig: F. Vieweg.
- (1923): *La constitution de l'atome et les raies spectrales* (2 v.). Paris: Librairie Scientifique Albert Blanchard.
- SOMOLINOS GONZÁLEZ, Cristina (1992): *Estudio de la interacción con la superficie de Ir de los gases que intervienen en la oxidación de Co*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- SUBIRÁ, José (1924a): «Una gran obra de cultura patria. La Junta para Ampliación de Estudios». *Nuestro tiempo* (Madrid), enero-abril-mayo, pp. 33-47.
- (1924b): *La Junta para Ampliación de Estudios*. Madrid: Imprenta Alrededor del Mundo.
- TARGOWSKI, Piotr, Michalina GÓRA y Maciej WOJTKOWSKI (2006): «Optical Coherence Tomography for Artwork Diagnostics». *Laser Chemistry*, 2006, article ID 35373, 11 pp.
- TIEMBLO, Alfredo (1982): «Física cuántica». En *50 años de investigación...* (1982), pp. 86-88.
- TORIZAWA, Takuya *et al.* (2004): «Efficient Production of Isotopically Labelled Proteins by Cell-free Synthesis: A Practical Protocol». *Journal of Biomolecular Screening*, 30, pp. 311-325.
- *et al.* (2005): «NMR Assignment Methods for the Aromatic Ring Resonances of Phenylalanine and Tyrosine Residues in Proteins». *Journal of the American Chemical Society*, 127, pp. 12.620-12.626.
- TORNARI, Vivi (2007): «Laser Interference-Based Techniques and Applications in Structural Inspection of Works of Art». *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 387/3, pp. 761-780.
- TORRES QUEVEDO, Leonardo (1895): «Machines algébriques». *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* (Paris), CXXI, pp. 245-249.

- (1901): «Machines à Calculer». *Memoires Presentes par Divers Savants à l'Académie des Sciences de l'Institut National de France*, XXXII/9.
- (1914): «Ensayos sobre Automática. Extensión teórica de sus aplicaciones». *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* (Madrid), XII, pp. 319-419.
- (1917): *Mis inventos y otras páginas de vulgarización*. Madrid: Hesperia.
- TORROJA, Eduardo (1957): *Razón y ser de los tipos estructurales*. Madrid: Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento.
- (1958): *The structures of Eduardo Torroja: an autobiography of engineering accomplishment*. New York: F.W. Dodge Corp.
- TRABAJOS de investigación y ampliación de estudios. Curso 1935-1936 (s. f.). Madrid: Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas.
- TREJO MENADO, José Manuel (1990): *Estudios de diversos gases en Ir soportado por microcalorimetría de adsorción*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- TUÑÓN DE LARA, Manuel (1970): *Medio siglo de cultura española (1885-1936)*. Madrid: Tecnos.
- TZORTZAKIS, Stelios, Demetrios ANGLOS y David GRAY (2006): «Ultraviolet Laser Filaments for Remote Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) Analysis: Applications in Cultural Heritage Monitoring». *Optics Letters*, 31/8, pp. 1.139-1.141.
- URRUTIA, Ángel, coord. (2002): *Arquitectura contemporánea: documentos, escritos, testimonios inéditos*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- VALDÉS-SOLÍS, Teresa (2006): *Sistemas catalíticos de obtención de hidrógeno a partir de bioalcoholes*. Oviedo: Instituto del Carbón, CSIC (<http://www.incar.csic.es/qmateriales/porosos/TVS-bioalcoholes.pdf>, consulta enero 2008).
- VALERA, Manuel (1983): «La Física en España durante el primer tercio del siglo XX». *Jul*, 5, pp. 149-173.
- y Carlos LÓPEZ FERNÁNDEZ (2001): *La Física en España a través de la Sociedad Española de Física y Química, 1903-1965*. Murcia: Universidad de Murcia.
- VALLEJO, Alfonso (2008): «Ciencia y arte son lo mismo» (<http://www.madrimasd.org/cienciaysociedad/poemas/poesia.asp?id=436>, consulta enero 2008).
- VAREA, Julio *et al.* (2004): «Structural and Thermodynamic Characterization of Pal Amidase, a Phage Lysin Active Against Pneumococcus». *Journal of Biological Chemistry*, 279, pp. 43.697-43.707.
- VECINO, Jerónimo (1908): *La fotografía en colores*. Madrid: Hijos de M. G. Hernández.
- VELAYOS, Salvador (1982): «Magnetismo». En *50 años de investigación...* (1982), pp. 65-80.
- VIDAL PARELLADA, Assumpció (2007): *Luís Simarro y su tiempo*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- VLECK, John van (1931): *The theory of electric and magnetic susceptibilities*. Oxford: Oxford University Press.

- WIECKOWSKI, Andrezej, Marek RUBEL y Claudio GUTIÉRREZ DE LA FE (1995): «Reactive Sites in Dissolved Carbon Monoxide Electrooxidation on Oxide-Free Platinum (111)». *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*, 383, pp. 97-101.
- WILSON, Michael *et al.* (2002): *Nanotechnology: Basic Science and Emerging Technologies*. London: Chapman & Hall/CRC.
- ZACHMANN, Hans G. (1982): «Las nuevas posibilidades de la radiación sincrotron para el estudio de la morfología de polímeros semicristalinos». *14th Europhysics Conference «Polymer Crystals: Structure and Morphology»*. Villafranca del Penedés.
- ZEEMAN, Pieter (1892): *Mesures Relatives du Phénomène de Kerr*. Amsterdam: Elsevier.
- ZIMM, B. H. y J. K. BRAGG (1959): «Theory of the Phase Transition between Helix and Random Coil in Polypeptide Chains». *Journal of Chemical Physics*, 31, pp. 526-531.
- ZÚNIGA, Manuel *et al.* (1998): «Structural and Functional Analysis of the Gene Cluster Encoding the Enzymes of the Arginine Deiminase Pathway of *Lactobacillus sake*». *Journal of Bacteriology*, 180/16, pp. 4.154-4.159.
- ZULUETA, Carmen de (1992): *Cien años de educación de la mujer española. Historia del Instituto Internacional*. Madrid: Castalia (2^a ed.).
- y Alicia MORENO (1993): *Ni convento ni college. La Residencia de Señoritas*. Madrid: CSIC.

Índice de ilustraciones y figuras

Laboratorio de Rayos X del edificio <i>Rockefeller</i> , 1932.....	000
Pabellón de Laboratorios o <i>Trasatlántico</i> de la Residencia de Estudiantes.....	000
Guzmán y sus compañeros de trabajo en las escalinatas del <i>Rockefeller</i> , 1936.....	000
Reseña publicada en <i>Ibérica</i> del «IX Congreso de Internacional de Química Pura y Aplicada» (1936).....	000
El campus de la JAE hacia 1936	000
Fachada y cuerpo antepuesto del edificio <i>Rockefeller</i>	000
Vestíbulo del <i>Rockefeller</i> durante la exposición realizada para celebrar sus 75 años....	000
Sala de lectura de la biblioteca del edificio <i>Rockefeller</i>	000
Plano de la tercera planta del edificio <i>Rockefeller</i> , la dedicada a los laboratorios de Química	000
Plano de los sótanos del edificio <i>Rockefeller</i>	000
Esquina del edificio del Auditorium y Biblioteca de la Residencia de Estudiantes.....	000
VIII Congreso Internacional de Termodinámica y Cinética Electroquímica (CITEC), celebrado en 1956.....	000
Efectos de ablación láser sobre una muestra semiconductor de sulfuro de cadmio ...	000
Laboratorio de Geocronología del Instituto de Química Física del CSIC	000
Cartel del pabellón del CSIC en la Feria Madrid por la Ciencia 2007	000
Dibujo de la fachada del edificio <i>Rockefeller</i> diseñado para la elaboración del calendario del CSIC 2007.....	000
Laboratorio de Investigaciones Físicas	000
Cabrera con Palacios en Madrid, 1929	000
Libro de firmas del Instituto Nacional de Física y Química en que aparecen las de Marie Curie y Paul Langevin.....	000
Moles	000
Moles con sus compañeros de laboratorio	000
Moles con Guzmán.....	000
Catalán.....	000
Muestra de los trabajos de Catalán.....	000
Retrato de Trowbridge de la biografía que sobre él escribió Compton.....	000
Planta de saneamiento del edificio <i>Rockefeller</i>	000
Muestra de instrumental antiguo del Instituto Nacional de Física y Química	000
Reunión del Institut International de Physique Solvay (Bruselas, 1933)	000
Palacios y Pastor en Argentina, 1939	000
Anteproyecto del Instituto Nacional de Física y Química. Frente principal.....	000
Plano de la Colina de los Chopos, campus de la Junta para Ampliación de Estudios, en la década de 1930	000

Física y Química en la Colina de los Chopos

Planta de emplazamiento del Instituto Nacional de Física y Química.....	000
Anteproyecto del Instituto Nacional de Física y Química. Frente posterior.....	000
El edificio <i>Rockefeller</i> en el año de su inauguración, 1932.....	000
Lacasa	000
Sánchez Arcas	000
Vista de la Ciudad Universitaria de Madrid hacia 1940	000
Plano del edificio <i>Rockefeller</i>	000
Sala de máquinas del edificio <i>Rockefeller</i> , 1932	000
Vestíbulo del edificio <i>Rockefeller</i> , con sus grandes ventanales centrales.....	000
Parte superior del pórtico, columnas y arcos del edificio <i>Rockefeller</i>	000
Fotografía tomada en la inauguración del edificio <i>Rockefeller</i> , 1932.....	000
Maqueta del campus de la JAE	000
Plano del edificio <i>Rockefeller</i> . Vista desde arriba	000
Laboratorio del edificio <i>Rockefeller</i> , 1932	000
Biblioteca del edificio <i>Rockefeller</i> , 1932.....	000
Uno de los laboratorios de Química del Laboratorio de Investigaciones Físicas en la Facultad de Farmacia.....	000
Retrato de Madinaveitia	000
Plano de la segunda planta del edificio <i>Rockefeller</i> , dedicada a la Química.....	000
Figura 1. Productos formados cuando se mezclan ácido oxálico y fenoles o colesterol	000
Figura 2. Cristales de la DHPG, identificados como la forma 1,4-dihidroxi y 1,4-diketo.	000
Rocasolano (CSIC).....	000
«Real Orden autorizando[...] para aceptar la donación de la Institución <i>Rockefeller</i> »	000
«Real Decreto autorizando[...] para la adquisición del terreno con destino [al...] Instituto de Física y Química».....	000
«Concurso de proyectos para el Instituto de Física y Química»	000
Instituto Nacional de Física y Química, 1932 (edificio)	000
Plano del Instituto Nacional de Física y Química. Planta baja	000
Biblioteca	000
Sala de máquinas.....	000
Un pasillo.....	000
Laboratorio.....	000
Taller de mecánica	000
Laboratorio.....	000
Laboratorio.....	000
Laboratorio.....	000
Figura 1. Edificio del Instituto Nacional de Física y Química.....	000
Figura 2. Plano del Instituto Nacional de Física y Química. Planta baja	000
Figura 3. Vista parcial de la celda de alta tensión.....	000
Figura 4. Batería de acumuladores para la experimentación	000
Figura 5. Laboratorio del oscilógrafo y comprobación de patrones	000
Figura 6. Sala de máquinas.....	000
Figura 7. Cuadro de distribución y repartidor de 27 paneles en la sala de máquinas....	000
Figura 8. Tendido de conductores de experimentación	000

Figura 9. Repartidor secundario	000
Figura 10. Laboratorio particular del señor profesor Cabrera.....	000
Figura 11. Laboratorio de electroquímica.....	000
Figura 12. Uno de los ventiladores principales con el filtro recalentador	000
Figura 13. Vista parcial de la serie de ventiladores para la ventilación de vitrinas.....	000
Figura 14. Sala grande de conferencias	000
Plano de la planta baja del edificio <i>Rockefeller</i> , dedicada a la Física	000
Uno de los laboratorios del Centro de Investigaciones Físicas Leonardo Torres Quevedo, c 1950	000
Panel de la exposición «75 años. <i>Rockefeller</i> , 1932-2007» con el croquis de los institutos del centro	000
Claustro del Auditorium y Biblioteca de la Residencia de Estudiantes.....	000
Residencia de Estudiantes, c 1920.....	000
Lora Tamayo.....	000
Algunos de los investigadores principales del Instituto Rocasolano (Rius, Foz, López de Azcona, Portillo)	000
Reunión científica en la sala de seminarios de la tercera planta del Instituto <i>Rockefeller</i> , c 1956	000
Ultracentrífuga del Instituto de Química y Física del CSIC.....	000
Llópis, en su laboratorio del <i>Rockefeller</i> , y, junto a él, Luis Arizmendi, Fernán A. Mathias y José Mateos Álvarez.....	000
Espectrómetro de RNM de Burker de los años sesenta	000
Montaje fotográfico de la sala de RNM.....	000
Laboratorio de Acuña en el edificio <i>Rockefeller</i> . Junto a él Ángel Costela y Javier Catalán	000
Estructura tridimensional de las CPPS Pce y Cpl-1 unidas a la pared celular del Neumococo.....	000
Estructura oligomérica de de la lectina hemolítica LSD.....	000
Artículos de Manuel García Velarde y Manuel Rico en <i>El País</i> sobre los Nobel de Física y Química 1991	000
Laboratorio de Biofísica del Instituto de Química Física del CSIC	000
Estructura tridimensional de la Fosforilcolin esterasa de <i>Streptococcus pneumoniae</i> , Pce.....	000
Oligomerización	000
Carbohidratos en el entorno celular	000
Esquema formación de amiloide según una de las teorías actuales	000
Figura 1. Producción científica del IQFR, 1946-2007.....	000
Plano del edificio <i>Rockefeller</i>	000
Instrumental del laboratorio de Catalán en el Instituto <i>Rockefeller</i>	000
Una conferencia en el salón de actos del <i>Rockefeller</i> , 1956.	000
Chimenea de una fábrica antes de aplicársele el catalizador de eliminación de óxido de hidrógeno.....	000
Chimenea de una fábrica después de aplicársele el catalizador de eliminación de óxido de hidrógeno	000
Sistema volumetrico para estudios de adsorción y de mecanismos de reacción.....	000

Física y Química en la Colina de los Chopos

Laboratorio del Instituto del Carbón de Oviedo, CSIC, en la década de 1960	000
Cartel y logo de los proyectos de investigación IBEROEKA	000
Biblioteca del <i>Rockefeller</i> en 1932	000
Casares Gil	000
Talleres del Instituto <i>Rockefeller</i> , 1932.....	000
Personal trabajando en los talleres del edificio <i>Rockefeller</i> , 1932	000
Antigua cámara de difracción de rayos X	000
Libro de firmas del Instituto <i>Rockefeller</i> con la rúbrica de Bragg en 1933.....	000
Palacios cuando estuvo pensionado por la JAE en el laboratorio de Kammerlingh Onnes en Leiden, 1916-1918	000
Cámara de Weissenberg	000
Equipo automatizado de difracción del rayos X del <i>Rockefeller</i> , la llamada <i>churrera</i> c 1975	000
La doctora Martínez Carrera	000
Instalaciones del departamento de Cristalografía del Instituto de Química Física del CSIC	000
El edificio <i>Rockefeller</i> en los años cuarenta.....	000
Laboratorio de RMN del Instituto de Química Física del CSIC, c 1985.....	000
Nieto, Rico y Santoro, acompañados de las azafatas de un congreso celebrado hacia 1983.....	000
Estructura trimidimensional de la ribonucleasa A, la primera obtenida en España por métodos RMN	000
Espectro de RMN bidimensional	000
Espectrómetros RMN de alto campo y Burker AV-600 del Instituto de Química Física del CSIC	000
Modelo de formación de un <i>cross-link</i> entre un oligonucleótido platinando y el ADN	000
Plano de la primera planta del <i>Rockefeller</i> , dedicada Física-Química	000
Figura 1. Espectros de la emisión de fosforescencia y absorción del estado triplete del ácido benzoico	000
Figura 2. Conformación de la molécula de albúmina en disolución.....	000
Figura 3. Estudio de la interacción taxol-citoesqueleto.....	000
Figura 4. Células leucémicas humanas, marcadas con un análogo fluorescente y bioactivo de un éter-lípido.....	000
Figura 3. Retrato de Nicolás B. Monardes (Sevilla, 1508-1588).....	000
Página dedicada al CSIC del libro de Ibáñez Martín (1950), concretamente al Patronato Alfonso X El Sabio.....	000
Albert c 1953	000
Células calorímetros	000
Célula de microelectroforesis	000
Estructura de la galectina-1 humana unida a lactosa	000
Visualización del reconocimiento de ligandos por enzimas leticas de neumonoco mediante calorimetría diferencial	000
Instrumental del Laboratorio de Calorimetría Biológica del Instituto de Química Física del CSIC.....	000
Balanza Langmuir	000

Estudio sobre la propiedades biológicas del bacteriorifago $\Phi 29$ (1974).....	000
Análisis termodinámico de la interacción de un antibiótico con péptidos de la pared celular (1990).....	000
Fachada del edificio <i>Rockefeller</i>	000
Espectrómetro de masas y expresiones matemáticas para la estimación de V_g y t_M ...	000
Mecanismo de reacción de GeH_2 y $GeMe_2$ en fase de gas.....	000
Pérez Masía.....	000
Estación de adquisición y procesamiento de datos del grupo de Resonancia Ciclotrónica de Iones.....	000
Espectrómetro FT-ICR.....	000
Esquema de espectrometría FT-ICR.....	000
Figura 1. Intercambio de catión I.....	000
Figura 2. Catión $(CH_3)_3Si-CH_3-Si(CH_3)_3^+$	000
Laboratorio de Combustión del IQFR.....	000
Esquema del calorímetro de combustión con bomba rotatoria en escala macro.....	000
Láser de colorantes con bombeo transversal.....	000
Láser de colorantes con bombeo transversal.....	000
Láser de colorante de estado sólido en configuración de bombeo transversal.....	000
Montaje experimental detectar fluorescencia de radicales y especies moleculares excitados eléctricamente.....	000
El doctor De la Figuera en su Laboratorio de Técnicas Láser.....	000
Cuadro 1. Investigadores vinculados con el trabajo del departamento de Química Láser desde la década de 1960.....	000
Equipo de Reflectancia ultravioleta-visible.....	000
Figura 1. Espectros EER de un electrodo de paladio.....	000
Espectrofotómetro FTIR.....	000
Microscopio de sonda de barrido.....	000
Figura 2. Espectros EER de Ag en disolución libre de CO y en disolución saturada con CO.....	000
Figura 3. Demostración: hacen falta al menos 3 átomos de platino contiguos para deshidrogenar metanol hasta CO.....	000
Fachada del <i>Rockefeller</i>	000
Vista general del laboratorio de Espectroscopía de Superficie y Mossbauer.....	000
Espacio de trabajo del grupo de Espectroscopía de Superficie y Mossbauer.....	000
Cámara de ultra alto vacío con manipulador LN2-refrigerado.....	000
Dibujo del compartimento superficial CAD.....	000
Imagen AFM 2 x 2 mm tomada del as-depositado Ti/TiCrN <i>bilayer</i> a menos de 550° C.....	000
Imagen AFM 2 x 2 mm tomada del as-depositado Ti/TiCrN <i>bilayer</i> a 550° C.....	000
Imagen AFM 2 x 2 mm tomada del as-depositado Ti/TiCrN <i>bilayer</i> a 650°.....	000
Imagen AFM 2 x 2 mm tomada del as-depositado Ti/TiCrN <i>bilayer</i> a 850°.....	000
Estudio de resistencia a la corrosión y oxidación a altas temperaturas.....	000
Muestra de cerámica <i>Terra Sigillata</i>	000
Uno de los laboratorios originales del <i>Rockefeller</i> , 1932.....	000
Microcalorímetro.....	000

Física y Química en la Colina de los Chopos

Aparato volumétrico de adsorción	000
Aparato volumétrico de adsorción montado sobre una de las antiguas mesas de los laboratorios del <i>Rockefeller</i>	000
Imagen generada por ordenador de una sección de la zeolita ZSM-11	000
Uso de reactantes similares como moléculas sonda para caracterizar la acidez superficial de catalizadores.....	000
Empleo de ciclos O(ads)-H(val) a diferentes temperaturas.....	000
Reformado de bioetanol.....	000
Laboratorio de Blas Cabrera en el <i>Rockefeller</i> , 1932	000
Rúbrica de Svedberg en el libro de firmas del Instituto de Química Física, en 1949.....	000
Polipropileno sindiotáctico.....	000
Estructura química del polietileno	000
Resultados de la investigación sobre la naturaleza paracristalina de la membrana <i>Halobacterium halobium</i> , p. 641	000
Resultados de la investigación sobre la naturaleza paracristalina de la membrana <i>Halobacterium halobium</i> , p. 642	000
Modelado cinético de plasmas fríos.....	000
Diagrama de modelado cinético de plasmas fríos	000
Sistema simultáneo SAXS-WAXS, línea española BM16 (ESRF)	000
Remate de uno de los ventanales y columnas del pórtico del edificio <i>Rockefeller</i>	000
Montaje experimental. Espectroscopia Raman en chorros de gases	000
Experimento de interferencia del haz láser	000
Nuevo espectrómetro Bruker Vertex 70 y cámara de hielos del Laboratorio de Hielos Atmosféricos.....	000
Logo del congreso HRMS (Salamanca 2005).....	000
Imagen SEM de un agregado de SWCNT	000
Maqueta del campus de la JAE	000
Aromaticidad.....	000
Orbitales del benceno.....	000
Logo del XXXIII Congreso de QUITEL.....	000
Logo del XXXIII Congreso de QUITEL, celebrado en La Habana en 2007	000
Molécula de glicina.....	000
Sección transversal y edificios anexos del edificio <i>Rockefeller</i>	000
García Moliner en una conferencia	000
Laboratorio de Geocronología c 1970	000
Gamboa en una conferencia.....	000
Planta del sótano del edificio <i>Rockefeller</i> , donde se ubica el Laboratorio de Geocronología.....	000
Yacimiento de Chao de Sanmartín, en Grandas de Salime, Asturias.....	000
Iglesia prerrománica de San Pedro de la Nave, en Zamora	000
Logotipos de las empresas que colaboran en las actividades del 75 aniversario del <i>Rockefeller</i>	000
Salón de actos del <i>Rockefeller</i> , 1932	000
Paneles colgados en los pasillos de la exposición «75 Años de Investigación en el Edificio <i>Rockefeller</i> »	000

Una de las vitrinas colocadas en el vestíbulo en la exposición «75 Años de Investigación en el Edificio <i>Rockefeller</i> »	000
Laboratorio del edificio <i>Rockefeller</i> , 1932	000
Calorímetro de combustión del grupo de Termoquímica y Termofísica del Instituto de Física Química	000
Figure 1. Diagram of the TPEPICO experiment	000
Figure 2. Breakdown diagram of 1, 1, 2 tribromo ethane showing the first two fragment ions	000
Figure 3. Energy diagram for neutral and ionic 1, 1, 2 tribromo ethane	000
Figure 4. Photoionization experiment	000
Biblioteca del edificio <i>Rockefeller</i> , 1932.....	000
Figure 1. Sizes: from macro to nano	000
Figure 2. Self-assembled molecules on a surface imaged by STM (Scanning Tunnelling Microscopy)	000
Figure 3. Nanoparticles as efficient catalysts	000
Low Energy Electron Microscopy del Instituto de Química Física.....	000
Etanol.....	000
Figure 4. A Nanoscale biosensor based on cantilevers	000
Figure 5. Nanoparticles encapsulating active biomolecules for delivery to treat disease	000
Sala de conferencias del edificio <i>Rockefeller</i> , 1932	000
Figure 1. The structure of the clathrin adaptor complex AP2	000
Figure 2. When the ENTH domain of epsin binds the head group of phosphatidylinositol-(4,5)-bisphosphate [...].....	000
Figure 3. Structure of BAR domain dimmers	000
Pórtico posterior del edificio <i>Rockefeller</i>	000
Figure 1. Chemical structures of the SAIL amino acids incorporated into calmodulin and maltodextrin binding protein.....	000
Figure 2. ¹ H- ¹³ C CT-HSQC spectra of CaM.	000
Figure 3. CaM and MBP solution and crystal structures	000
Generador antiguo.....	000
Pluma de ablación láser	000
Muestra de una piedra del programa de investigación del departamento de Química Láser.....	000
Centros e institutos que surgieron del <i>Rockefeller</i>	000
Antonio Rius Miró	000
Juan F. Llopis Martín	000
Manuel Colomina Barberá	000
José Herranz González	000
Francisco Colom Polo.....	000
Alberto Ulises Acuña.....	000
José Antonio García Domínguez	000
Margarita Martín Muñoz	000
Enrique Lomba García	000
La gente del <i>Rockefeller</i> , 2007	000
Biblioteca del <i>Rockefeller</i>	000

Índice onomástico y toponímico

Créditos fotográficos y de las figuras

- 50 años de investigación en Física y Química en el edificio Rockefeller de Madrid (Madrid: CSIC, 1982)
- 75 años de investigación en el Rockefeller (Madrid: CSIC, 2007)
- A. Ulises Acuña
- Abel Valdengro
- Ainoa Goñi
- Academia de Ciencias Experimentales, Físicas y Naturales
- ACC. Área de Cultura Científica del CSIC
- Análisis Químico
- Angewandte Chemie
- Annual Review of Cell and Developmental Biology
- Antonio Rubinos
- Apolo Gómez Morillas
- Base 12
- Belén
- Berta Alguero
- Biochemical Journal
- Biochemistry
- BOE. Boletín Oficial del Estado
- Brett M. Collins
- Bruker
- Burrianadigital
- Carlos González Ibáñez
- Cell
- Centenario de Julio Palacios (Painza: Amigos de la Cultura Científica, Grupo de Trabajo de Análisis Dimensional, Banco Central, 1991).
- CIFLTQ. Centro de Investigaciones Físicas Leonardo Torres Quevedo
- Claudio Gutiérrez de la Fe
- Colección de Diego Catalán
- Colección de Justo Formentín
- Colección de Luis Castedo
- Colección de Salvador Guerrero
- Colección familia de Julio Palacios
- Colloid & Polymer Science
- CSIC. Consejo Superior de Investigaciones Científicas
- David J. Owen
- Departamento de Química Inorgánica y Técnica (UNED)
- Developmental Cell
- DPCSIC. Departamento de Publicaciones del CSIC
- Duncan Sutherland
- Enrique Lomba
- Enrique López-Cabarcos
- Esperanza Iglesias Sánchez
- Eva M. Schmid
- Flemming Besenbacher
- FRMP. Fundación Ramón Menéndez Pidal
- Gaceta de Madrid
- HRMS. Colloquim of High Resolution Molecular Spectroscopy
- IBEROEKA (CYTED)
- ICP. Instituto de Catálisis y Petroquímica, CSIC
- IEM. Instituto de Estructura de la Materia, CSIC
- IH. Instituto de Historia, CSIC
- INCAR. Instituto del Carbón, CSIC
- Institución Colombina
- Instituto Nacional de Física y Química (Madrid: INFQ, JAE, 1932)
- IQFR. Instituto de Química Física Rocasolano, CSIC
- IQFR: Memoria científica 2005/2006 (Madrid: IQFR, CSIC, 2007)
- Jaime López de la Osa
- Jennifer J. Gallop
- Jordi Llorca
- Jornal of Cell Biology
- José Elguero
- José Ibáñez Martín: X Años de servicios a la cultura española (Vitoria y Madrid: Heracleo Fournier y Magisterio Español, 1950)
- José M. Fernández
- José María Guil-Pinto
- Journal of Catalysis
- Juan A. Hermoso
- Juan Francisco García de la Banda
- K. Howard
- Karl T. Compton: Biographical Memoir of Augustus Trowbridge (Washington: National Academy of Sciences of the USA, 1937)
- Libro de firmas del Instituto Nacional de Física y Química (IQFR)
- Luisa Filippini
- M. Lorentzen
- Manuel Rico
- Margarita Martín Muñoz
- Margarita Menéndez
- María Luisa Senent
- Masatsune Kainosho
- Melissa A. Edeling
- Miguel Ángel Puig-Samper (ed.): Tiempos de investigación (Madrid: CSIC, 2007)
- MNCN. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC
- Nature
- Nature Structural & Molecular Biology
- Pablo Linés
- El País
- Paloma Arriaga
- Philp R. Evans
- Pieta K. Mattila

Física y Química en la Colina de los Chopos

Pilar Arriaga

Pilar Lillo

PLoS Biology

QUITEL. Congreso de Químicos
Teóricos de Expresión Latina

RACEFN. Real

Rafael Martínez Cáceres

Rebeca de Nalda

Revista *Poesía* (1983)

Russian Chemical Bulletin

S. E. Boganov

S. Weigelt

Salvador Montero

Science

SPCSIC, Servicio de Prensa del
CSIC

SIEMENS

Structure

T. Linderoth

Teresa Valdés Solís

The Embo Journal

Thomas H. Millard

Tiberio A. Ezquerro

Tom J. Brett

Tomas Baer

El Trullo

Víctor Rubio

Virology