

# Una aproximación a la historia de la enseñanza de la Química universitaria en España

Manuela Martín Sánchez, Gabriel Pinto Cañón, María Teresa Martín Sánchez

**Resumen:** Se resume la historia de la enseñanza de la química en la universidad española, desde mediados del siglo XIX hasta el presente, partiendo de la Ley Moyano de 1857, que permitió la creación de facultades de ciencias con una sección de química, y del nacimiento de la *Institución Libre de Enseñanza*, que influirá de forma importante hasta 1936. Se describen otros hitos, como la creación de la *Junta para la Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas*, la fundación del *Instituto Nacional de Física y Química* (conocido en la época como *Instituto Rockefeller*), o el reciente *Proceso de Bolonia*, así como una semblanza de algunos de los profesores más destacados de estas épocas.

**Palabras clave:** Enseñanza de la Química, Institución Libre de Enseñanza, Junta de Ampliación de Estudios, Autonomía universitaria, Universidad en el franquismo, Universidad Contemporánea, Proceso de Bolonia.

**Abstract:** The history of the teaching of chemistry at the Spanish university is summarized from the mid-nineteenth century to the present, based on the *Moyano Law* of 1857, which allowed the creation of Faculties of Sciences with a section of chemistry, and birth of the *Institución Libre de Enseñanza*, which will influence in an important way until 1936. Other milestones are described, such as the creation of the *Junta para la Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas*, the foundation of the *National Institute of Physics and Chemistry* (known as *Rockefeller Institute*), or the recent *Bologna process*, as well as a sketch of some of the outstanding teachers of the different periods.

**Keywords:** Chemical Education, Institución Libre de Enseñanza, Junta de Ampliación de Estudios, University autonomy, the University in the Franco regime, contemporary University, Bologna process.

## INTRODUCCIÓN

En un trabajo anterior, se realizó una aproximación a la historia de la enseñanza de la química en España, en niveles no universitarios, desde mediados del siglo XIX al presente.<sup>[1]</sup> En este otro, se analiza también la evolución de la enseñanza de esta ciencia durante el mismo período, pero en el ámbito universitario.

La *Ley Moyano*, vigente entre 1857 y 1970, ya citada en el trabajo indicado, favoreció la creación de la nueva *Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* (constituida con el mismo rango que otras cinco: Filosofía y Letras, Farmacia, Medicina, Derecho y Teología). El artículo 35 de dicha ley, dice: “La facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

se dividirá en tres secciones, a saber: de Ciencias físico-matemáticas, de Ciencias químicas y de Ciencias naturales”. Hasta entonces no existía una facultad de Ciencias Químicas como tal. Las enseñanzas químicas estaban incluidas en otras carreras como Farmacia, Medicina e Ingeniería de Minas y se estudiaban dentro de la Facultad de Filosofía, que desde 1845 en el Plan Pidal tuvo una Sección de Ciencias, que fue la que dio origen a la Facultad de Ciencias de la Ley Moyano.<sup>[2-6]</sup> Para abordar el trabajo, lo hemos dividido en cuatro períodos: siglo XIX, primer tercio del XX, etapa franquista, y época contemporánea (desde la transición a la democracia).

## ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA UNIVERSITARIA EN EL SIGLO XIX

A principios del siglo XIX, las enseñanzas de química en España se impartían principalmente en centros no universitarios, como en el *Real Instituto Asturiano de Náutica y Mineralogía* de Gijón, cuya creación se debió al impulso de Melchor Gaspar de Jovellanos (1744-1811) en 1792, y en el que estuvieron de profesores Chavaneau y Proust. También fueron importantes otros centros, como la *Real Academia de Ciencias y Artes* de Barcelona, constituida en 1764, o el *Real Seminario Patriótico de Nobles de Vergara*, obra de la *Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País* en 1776, el centro Estudios de San Isidro, Museo de Ciencias Naturales, Colegio de Farmacia y el Colegio de Medicina (de San Carlos) de Madrid. Otras instituciones, como los ateneos literarios, contribuyeron de alguna forma, con conferencias y varias iniciativas, al desarrollo de las ciencias.

Las condiciones económicas y sociales hicieron que el cambio de gobierno durante el siglo XIX fuera constante, y esta situación se dejó sentir también en la universidad. La llegada de Isabel II, supuso un respiro en la etapa de



M. Martín<sup>1</sup>

G. Pinto<sup>1,2</sup>

M. T. Martín<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química, Reales Sociedades Españolas de Química y de Física, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid.

<sup>2</sup> E.T.S. de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, 28006 Madrid.

C-e: [mmartins@edu.ucm.es](mailto:mmartins@edu.ucm.es)

Recibido: 16/01/2017. Aceptado: 20/02/2017.



**Figura 1.** Personajes destacados en la enseñanza universitaria de la química del siglo XIX. De izda. a der.: Orfila, Casares Rodríguez y Rodríguez Carracido

moderación (1844-1854). El primer plan educativo de este período es el de Pedro José Pidal (1799-1865) de 1845, que aunque se ha criticado como bastante restrictivo porque limitaba el uso de libros a una lista aprobada, sin embargo, supuso un gran avance para que se utilizaran los textos adecuados. Limitaba también la creación de algunas titulaciones como Farmacia, por ser muy costosas. Durante el bienio progresista (1854-1856) se ve clara la necesidad de una ley que regule la instrucción nacional, aunque sigue siendo motivo de confrontación entre progresistas y moderados. Cuando se dicta la *Ley Moyano* ya estarán de nuevo en el poder los moderados y solo se recogerán algunas de las ideas de Manuel Alonso Martínez (1827-1891), ministro de Fomento durante el citado bienio.

Esta ley consolidó un sistema educativo cuyas bases estaban ya en el *Plan del Duque de Rivas* y en el *Plan Pidal*. Mantenía los tres niveles de enseñanza: primaria, secundaria y universitaria. En esta última, distinguía facultades, enseñanzas técnicas, y enseñanza profesional. Todo quedaba bajo control del gobierno, a través del *Real Consejo de Instrucción Pública*. En los artículos 127 y 128 se indica que habría diez universidades, la central en Madrid, y las de distrito (Barcelona, Granada, Oviedo, Salamanca, Santiago, Sevilla, Valencia, Valladolid y Zaragoza). El artículo 131 dice: “Los reglamentos determinarán los estudios de la facultad de ciencias exactas, físicas y naturales que ha de haber en cada universidad de distrito”. Y el 136 señala: “Para el estudio y enseñanza de las ciencias exactas, físicas y naturales, en su mayor extensión, habrá en Madrid una Escuela superior de ciencias exactas, física y química, un Museo de historia natural y un Observatorio astronómico. Estas tres Escuelas reunidas constituyen la Facultad de Ciencias. Cada uno de estos establecimientos tendrá un local independiente y un reglamento particular en que se dispondrán los estudios de modo que los alumnos hagan frecuentes ejercicios prácticos de las asignaturas que cursaren”.

Por el artículo 138 se establecen tanto las enseñanzas técnicas como su ubicación: “de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y de Minas, se darán en las Escuelas de estos ramos establecidas en Madrid; la de ingenieros de Montes, en la Escuela de Villaviciosa; la de ingenieros agrónomos, en las de Madrid y Aranjuez; la de ingenieros industriales, en el Real Instituto Industrial de Madrid y en las Escuelas superiores de Barcelona, Gijón, Sevilla, Valencia y Vergara”.

Mientras que la ley no especifica las materias que se enseñarán en la *Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, sí que lo hace en el resto de facultades y escuelas de

ingenieros, en las que aparece la asignatura de Química en Medicina, Caminos y Minas, así como Química y Análisis Químico en Agrónomos y Farmacia. En la *Escuela de Ingenieros Industriales* habrá Química General, Industria Química y Análisis Químico.

Se establece que “el Gobierno cuidará de que la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales [creada por decreto de 25 de febrero de 1847], tenga a su disposición los medios de llenar, tan cumplidamente como sea posible, el objeto de su instituto”.<sup>[3]</sup>

A nivel oficial, se deduce que la química sigue estando en simbiosis con la física, porque no aparece ni en el nombre de la *Real Academia* ni en el de la facultad aunque en ésta sí se especifica que habrá una sección de químicas.<sup>[2, 5, 6]</sup>

La restauración de la monarquía con Alfonso XII, que reinó entre 1874 y 1885, endureció las libertades en su primera etapa con el gobierno conservador. Un grupo de catedráticos que fueron apartados de las universidades por defender la libertad de cátedra y no ajustarse a los dogmas oficiales crearon en 1876 la *Institución Libre de Enseñanza* (ILE). En este grupo estaban profesores krausistas, como Francisco Giner de los Ríos (1839-1915), Gumersindo de Azcárate y Menéndez (1840-1917) y Nicolás Salmerón Alonso (1838-1908), que siguieron con su tarea educadora al margen de la enseñanza oficial.<sup>[1]</sup>

Por Real Decreto de 13 de agosto de 1880 se aprobó el plan de estudios firmado por Fermín de Lasala y Collado (1832-1918) que reclamaba la importancia de las enseñanzas experimentales y mantenía dos secciones en las facultades de Ciencias, una de *Ciencias Fisicomatemáticas* y otra de *Fisicoquímicas y Naturales*. En esta segunda sección se establecían como materias, entre otras: Química Inorgánica, Prácticas de Química Inorgánica, Química Orgánica, Prácticas de Química Orgánica, y Dibujo Aplicado a las Ciencias Físico-químicas. Estas facultades ya no aparecen en todas las universidades, alegando que los estudios no han tenido demasiado éxito.

Con la llegada al poder de los liberales, en 1881, se reintegra a los *institucionistas* por una circular de José Luis Albareda y Seize (1828-1897). Aunque intentó llevar a cabo una reforma de todas las enseñanzas universitarias, ni él ni sus sucesores lo lograron, y los cambios se redujeron prácticamente a Medicina.<sup>[3]</sup>

Un impulso de mejora la encontramos en la creación de la ILE, pero se notará más en el siglo XX, sobre todo a partir de la creación, en 1907, de la *Junta de Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas* (JAE). El *Museo Pedagógico Nacional*, nacido como *Museo de Instrucción Pública* en 1882, impulsado por la ILE, influyó más en las enseñanzas de niveles no universitarios.<sup>[1]</sup>

El número de los libros de química de autor español de esta época es muy numeroso según recoge la tesis doctoral de Pellón<sup>[5]</sup> y que sería imposible citar porque superan los trescientos, entre ellos encontramos el *Tratado de química general* (Madrid, 1848), de Antonio Casares Rodríguez (1812-1888), catedrático de Química Inorgánica de la Facultad de Farmacia de Santiago de Compostela, *La nueva Química* (1887) y *La evolución de la Química* (1894), ambos de José Rodríguez Carracido (1856-1928), catedrático de

Química Orgánica de la Facultad de Farmacia de Madrid. Eran muy conocidos y usados entonces los libros de Mateo Buenaventura Orfila (1787-1853), que desarrolló su carrera en París. En 1824 su obra *Elementos de química médica* se utilizaba como libro de texto en Francia. Según Portela y Soler, la mayoría de los tratados españoles de química del siglo XIX se refieren a enseñanza secundaria o a aplicaciones industriales, farmacéuticas o médicas.<sup>[2]</sup> Como ejemplo, podríamos considerar el texto de Gabriel de la Puerta Ródenas y Magaña (1839-1908) titulado *Tratado de química orgánica general y aplicada a la farmacia, industria y agricultura con un tratado de química biológica vegetal y animal*, editado en 1879 e ilustrado con aparatos para la experimentación química.<sup>[2, 4, 8]</sup>

En la Figura 1 se recogen los retratos de algunos de los docentes universitarios de química citados en los párrafos anteriores.

### LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA UNIVERSITARIA ESPAÑOLA EN EL PRIMER TERCIO DEL SIGLO XX

Al hablar de enseñanza, no se pueden olvidar todas las implicaciones de tipo político y social que se sucedieron en los inicios del pasado siglo. Entre otros, caben recordar hechos como: Semana Trágica de Barcelona (1909); diferentes etapas de la guerra en Marruecos (1909-1913, y campañas posteriores); Primera Guerra Mundial (1914-1918); dictadura de Primo de Rivera (1923-1930); breves gobiernos al final de la monarquía (1930-1931) y proclamación y desarrollo de la Segunda República (1931-1936), con sus fases de reformas y contrarreformas.

La crisis de 1898 obligó a acometer cambios en profundidad. En 1900 se creó el *Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes*, con Antonio García Alix (1852-1911) al frente, que puso en marcha una reforma de los planes de estudio universitarios, intentando aproximarse a las universidades europeas. Según Lora Tamayo, entre 1900 y 1905, en la rama de Ciencias Físico-químicas en la Universidad de Madrid terminaban sus estudios solo un promedio de tres estudiantes por curso.<sup>[8]</sup>

José Casares Gil (1866-1961, hijo del citado Antonio Casares), en el discurso inaugural del curso 1900/01 en Barcelona, llamó la atención a la administración sobre la necesidad de modernizar la enseñanza de la química en España, tomando como ejemplo lo que había vivido en su estancia en Alemania.

El 23 de enero de 1903, un grupo de profesores convocados por el ingeniero industrial Francisco de Paula Rojas (1832-1909), catedrático de Física de la Universidad de Madrid, entre los que se encontraban el bioquímico José Rodríguez Carracido, el físico experimental Ignacio González Martí (1860-1931), el profesor de Química Mecánica José Muñoz del Castillo (1850-1926) y el químico José Rodríguez Mourelo (1857-1932), decidieron fundar la Sociedad Española de Física y Química, con José Echegaray Eizaguirre (1832-1916) como presidente. El objetivo era fomentar el estudio y publicar trabajos relacionados con estas ciencias. Pasó a ser "real" por concesión de Alfonso XIII, en 1928, con motivo del 25 aniversario de su fun-

dación. Desde su inicio, se comenzó la publicación de la revista *Anales* cuyas primeras aportaciones se alejaban del nivel de revistas científicas de otros países, pero el interés y tenacidad de los creadores consiguieron que la situación fuera mejorando.<sup>[11, 12]</sup>

En 1908 se creó la *Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*. En 1907 se fundó, la JAE, ya citada, impulsada por el ministro y catedrático de Medicina Amalio Gimeno y Cabañas (1852-1936), que seguía los principios de la ILE. Las funciones que le asignaba su decreto fundacional (11 de enero de 1907) incluían el "servicio de ampliación de estudios dentro y fuera de España, las delegaciones en congresos científicos, el servicio de información extranjera y relaciones internacionales en materia de enseñanza, el fomento de los trabajos de investigación científica y la protección de las instituciones educativas en la enseñanza secundaria y superior." El decreto sigue diciendo que a los que estén formados después de regresar del extranjero se les expedirá un certificado de suficiencia que les permitirá acceder a las cátedras de bachillerato o de universidad.<sup>[9, 10]</sup>

Sin embargo, una vez más los cambios políticos dieron al traste con el proyecto porque el 25 de enero de 1907 cambió el gobierno y el nuevo ministro, Faustino Rodríguez-San Pedro y Díez-Argüelles (1833-1925), que debería aprobar el reglamento de funcionamiento de la JAE rebajó sus competencias. Fue necesario esperar hasta que llegaron de nuevo los liberales al gobierno y un Decreto del 22 de enero de 1910 (Gaceta de Madrid 28/1/1910) del nuevo ministro, Álvaro Figueroa y Torres Mendieta (Conde de Romanones, 1863-1950), consolidara las funciones que se le habían asignado en el decreto de creación.

Sucesivos decretos de 1910 crean una serie de centros que dependerán de la JAE: Centro de Estudios Históricos, una Residencia y un Patronato de Estudiantes, y el Instituto Nacional de Ciencias Físico Naturales. El Instituto incluía el *Laboratorio de Investigaciones Biológicas de Cajal* y el de *Investigaciones Físicas*.

Una vez creada la JAE, fueron los miembros de la ILE los encargados de su funcionamiento. Con ello, tanto la investigación retribuida como la creación de centros y laboratorios de investigación, quedaba localizado en Madrid, así como en las diferentes cátedras creadas en la Universidad Central de Barcelona, siguiendo siempre la idea inicial de crear puestos solamente cuando se dispusiera de una persona con formación idónea para ocuparlo, como expone Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) en un escrito dirigido al ministro de Instrucción Pública.<sup>[23]</sup>

El *Instituto Nacional de Ciencias Físico Naturales*, con Ramón y Cajal de presidente y el físico Blas Cabrera Felipe (1878-1945) de secretario jugó un papel importante en la formación de profesores e investigadores, porque se encargaba de preparar a los que salían de España con ayudas de la JAE. Además, se relacionaba con ellos a su regreso, para que su aprendizaje fuera aprovechado en España.

En octubre de 1910 se abrió su primer edificio de la *Residencia de Estudiantes* en el número 14 de la calle Fortuny de Madrid, con una capacidad inicial de 17 plazas, que se fue ampliando con laboratorios, de distintas especialidades, a disposición de los estudiantes. Uno era de *Química General*,

dirigido por Josep Sureda Blanes (1890-1984). En este laboratorio, desde 1912, José Ranedo Sánchez Bravo (1889-1974) enseñaba prácticas de química, que incluían trabajo con vidrio, montaje de aparatos, obtención de compuestos inorgánicos, análisis orgánico, etc. La idea de estos laboratorios fue de Alberto Jiménez Fraud (1883-1964), secretario de la JAE, pedagogo y primer director de la *Residencia de Estudiantes*. No estaban concebidos como laboratorios de investigación, sino que tenían como finalidad mejorar la enseñanza de tipo práctico que recibían los estudiantes en las facultades de Ciencias, Farmacia y Medicina. Eran dos cursos completos salvo para los alumnos de Medicina que era solo un año porque solo tenían un curso de química. A veces también recibieron alumnos de secundaria.

Además de estos laboratorios, para realizar trabajos de investigación, la JAE había utilizado el *Laboratorio de Química Biológica* de Rodríguez Carracido y el de *Análisis Químico* de Casares Gil, situados ambos en la Facultad de Farmacia de la Universidad de Madrid.

En 1915 se hicieron tres nuevos edificios en lo que Juan Ramón Jiménez (1881-1958) denominó la *Colina de los Chopos*, en la zona de Madrid conocida como los Altos del Hipódromo. Allí se trasladaron la *Residencia de Estudiantes* y todos los laboratorios.

En 1916, se creó el *Laboratorio de Química Biológica* (luego de Bioquímica) bajo la dirección de Antonio Madinaveitia Tabuyo (1890-1974) que, a petición de Ramón y Cajal, renunció a la cátedra de la universidad de Granada que acababa de conseguir para encargarse de dicho laboratorio, donde seguía un programa de Química Clínica y Bioquímica General.

En 1919 todos los laboratorios de la *Residencia de Estudiantes* pasaron a formar parte del *Instituto Nacional de Ciencias* con el nombre de *Laboratorios de Enseñanza*. En 1920, el de Madinaveitia volvió a cambiar de nombre y se llamó *Laboratorio de Química Inorgánica y Orgánica*. Aspectos relacionados con los laboratorios de la JAE y la *Residencia de Estudiantes* se trataron en profundidad por Barona.<sup>[25]</sup>

En la inauguración del *IX Congreso para el Progreso de la Ciencia* (Salamanca, 1923), Ángel del Campo y Cerdán (1881-1944), en un discurso sobre *Enseñanza de la Química en España*,<sup>[15]</sup> en presencia de Alfonso XIII, describe una situación bastante deplorable que, según él, seguía siendo como la que describía su profesor de Análisis Químico Magín Bonet y Bonfill (1818-1894) en 1855, que indicaba que la química estaba tan mal por la situación de la enseñanza en general, y por la falta de laboratorios en particular. Opina que, aunque la situación mejoró por una mayor asignación presupuestaria siendo ministro García Alix, la formación era mucho mejor en las escuelas especiales, que dependían de otros ministerios, como el de Fomento, Trabajo o de la Guerra, que la de las facultades, que dependían el *Ministerio de Instrucción Pública*. Como ejemplos, señala que los ingenieros químicos tienen un curso de Química Inorgánica, Química Orgánica, y otro Química Física, y dos de Análisis Químico, antes de pasar a la especialidad (en la que tienen dos cursos de Química Industrial, de Metalurgia, y de Análisis industriales, y uno de Electroquímica).

Opina que universidades como Zaragoza, Barcelona y Santiago tienen buenos laboratorios pero que no es esa la

situación de Salamanca y Madrid. Se dirige a Alfonso XIII con estas palabras: “Señor, desde la famosa Universidad de Salamanca, que un sabio antecesor vuestro hubiera de fundar, yo me dirijo a V. M. en 1923 para formular el mismo ruego que, en 1878, hiciera a vuestro augusto padre otro sabio antecesor mío: que os dignéis recordar a vuestros ministros de Instrucción Pública la imperiosa necesidad de poner remedio a un mal por el que la enseñanza de la química en varias facultades de ciencias de España, y muy particularmente en la capital de la nación, corre el riesgo de ser, si no lo es ya, la peor atendida por un gobierno de todo el orbe civilizado”. Por último, dirigiéndose a todos, sobre todo a los representantes en las Cortes, cita unas palabras de Rodríguez Mourelo: “¡Desgraciados los pueblos que no cultivaron la química y no sacaron partido, mediante procedimientos científicos, de las riquezas de su suelo y su subsuelo! Tributarios del extranjero que los tendrá a su merced, serán pobres y serán débiles. Una nación, o es potente por la ciencia, o deberá resignarse a la tutela de las que poseen organización científica”.

Por fin, ese mismo año (1923), se remozaron los planes de estudio de Ciencias Químicas, gracias al ministro conservador Tomás Montejo y Rica (1856-1933), que hizo la planificación y que su sucesor Joaquín Salvatella Gisbert (1881-1932) aunque era liberal, la respetó, con una estructura más acorde con los conocimientos que permitieran tener científicos mejor formados. El nuevo plan era de cuatro cursos, con dos materias de Matemáticas, Ciencias Naturales, Química Inorgánica, Química Orgánica, Análisis Químico, y una de Química Física, Química Técnica y Electroquímica.<sup>[9, 10]</sup>

Relacionado con la enseñanza de la química tiene especial interés el discurso de la inauguración del curso académico de 1927/28 en la Universidad de Madrid, de Madinaveitia<sup>[14]</sup>. En lugar de elegir un tema puramente científico, prefirió hablar de las “dificultades con las que se tropiezan en la enseñanza”. Si repasamos el discurso, muchos problemas son análogos a los actuales:

- Los padres solo se preocupan de que sus hijos aprueben pero no les importa si salen mal o bien formados, algo que es vital para ellos y para España.
- Los estudiantes llegan mal preparados en química a la universidad, debido principalmente a programas oficiales extensos y sin sentido, desde la educación primaria hasta la universidad, con conceptos difíciles de entender y de abarcar.
- Los profesores dejan mucho que desear. Primero, en su formación, que tendría que ver con una mejor selección, pero también con un mejor sueldo que les permitiera vivir solo de la enseñanza, con una dedicación exclusiva a docencia e investigación, estando al corriente de los últimos descubrimientos. Sugiere que no deberían estar peor pagados que los profesionales que van a la industria, porque entonces en la universidad se quedarían los peores. Opina que, además de impartir las clases teóricas, trabajen en el laboratorio con sus estudiantes, “lo que les permitirá conocerlos y saber qué entienden.”

Pone de ejemplo a su profesor, el francés, Eugène Grandmougin (1871-1955), en el sentido de que “hay que volver al sistema de enseñanza que practicaron los maestros de la química, Davy, Gay Lussac, Berzelius, Wurtz, etc., rodeados de sus alumnos y trabajando con ellos”. Destaca que “este es el método que Liebig aprendió en Francia y transportó a Alemania, donde ha adquirido el desarrollo que todos conocemos.” Además, señala que se necesita que haya muchas más horas de prácticas y que los estudiantes trabajen individualmente para que se aficionen al trabajo. También opina que las prácticas deben servir para poder entender las teorías de la química, que las tienen que saber, pero también para iniciarse en la investigación. Resalta que “para poder enseñar el espíritu y el método de la investigación es necesario que el profesor sea un investigador” y, además, propone que se fomente entre los mejores alumnos el deseo de dedicar dos años a la investigación después de haber terminados sus estudios, elevando el nivel de las tesis de doctorado como se hacía en los países anglosajones.

Madinaveitia se refiere también en su discurso a la situación en Francia donde, convencidos de que su derrota en la guerra franco-prusiana (1870-1871) se debía a carencias formativas, porque los alemanes habían utilizado mejor hasta los descubrimientos de científicos franceses, como Ampère, decidieron mejorar la enseñanza de las ciencias experimentales desarrollando por ejemplo, buenos laboratorios. Opina que los profesores auxiliares sobraban porque su función era sustituir al profesor cuando faltaba o impartir las prácticas. Pero esas funciones las debía desarrollar, a su juicio, el propio profesor porque quien está explicando un curso “está desarrollando desde el primer día hasta el último una serie de ideas eslabonadas todas unas con otras y no puede ser sustituido un día por un químico que tiene ideas distintas. A nadie se le ocurriría reemplazar una hoja perdida de un libro por otra arrancada de otro libro distinto”.

Los laboratorios dependientes de la JAE pasaron con frecuencia penurias económicas, de una forma especial durante la dictadura de Primo de Rivera.

El 6 de febrero 1932, se inauguró el *Instituto Nacional de Física y Química*, con fondos de la *Fundación Rockefeller* y con Blas Cabrera de director. Asistieron al acto, varios científicos europeos: Pierre Weiss (1865-1940), Paul Scherrer (1890-1969), Arnold Sommerfeld (1868-1951), Otto Högnischmidt (1878-1945) y Richard Willstätter (1872-1942), que firmaron como testigos junto con José María Torroja (1884-1954), Leonardo Torres Quevedo (1852-1936), Joaquín María Castellarnau y Lleopart (1848-1943), José Casares Gil e Ignacio Bolívar Urrutia (1850-1944), como miembros del Patronato.<sup>[10, 11, 18, 34]</sup>

El nuevo Instituto (ver Figura 2) tenía seis secciones: Electricidad y Magnetismo, con Blas Cabrera; Rayos Roentgen, con Julio Palacios Martínez (1891-1970); Espectroscopía, con Miguel Ángel Catalán Sañudo (1894-1957); Química Física, con Enrique Moles Ormella (1883-1953); Química Orgánica, con Antonio Madinaveitia; y Electroquímica, con Julio Guzmán Carrancio (1883-1956).

Las relaciones con otros países europeos fueron frecuentes. En el campo de la química citaríamos a del Campo, Moles y Catalán. Ellos mismos indican que les admitieron en centros europeos por el buen hacer de Rodríguez Mourelo y Juan Fagés y Virgili (1862-1911).

Gracias a ellos, entre otros, se desarrollaron en España las enseñanzas de disciplinas de base experimental que permitieron introducir planes de estudio en las facultades de Ciencias con materias y contenidos que solo existían entonces en países más avanzados. Tardaron tiempo en tener entidad las cátedras de la Facultad de Ciencias; sin embargo, eran muy importantes las de Farmacia, que tenían más tradición, porque según explica Madinaveitia en su ya citado discurso (pág. 38)<sup>[14]</sup> el gremio de farmacéuticos de Madrid en 1827, imitando lo que veinte años antes había hecho los franceses, compró un edificio en Madrid, donde se instaló la escuela de Farmacia. En las cátedras de Farmacia, podríamos citar algunas materias relativas a la licenciatura, como Química Orgánica (José Rodríguez Carracido), Química Inorgánica (Gabriel de la Puerta) y Análisis Químico (José Casares), y otras de estudios de doctorado, como Química Biológica (Rodríguez Carracido) y



Figura 2. El Edificio Rockefeller en la actualidad (sede del Instituto de Química Física “Rocasolano” del CSIC)



Figura 3. Estudiantes en el Laboratorio Foster

Análisis de Medicamentos Orgánicos (Obdulio Fernández Rodríguez, 1883-1982). En la Facultad de Ciencias había cuatro cátedras en licenciatura: Química General (Eugenio Piñerúa Álvarez, 1854-1937), Química Orgánica (Victoriano García de la Cruz, 1850-1906 y Vicente Felipe Lavilla Llorens), Análisis Químico General (Juan Fagés, y Ángel del Campo) y Química Inorgánica (José Muñoz del Castillo, y Enrique Moles). En Doctorado en Ciencias Químicas había tres cátedras: Mecánica Química (José Muñoz del Castillo), Análisis Químico Especial (acumulada a Eugenio Piñerúa) y Química Biológica (Rodríguez Carracido, cursada en Farmacia).<sup>[10]</sup> Dada su importancia, en el siguiente epígrafe se hace una reseña de algunos de estos docentes destacados, junto con otros de la época. El desastre de la guerra de Cuba entre España y Estados Unidos en 1898 hizo que algunas organizaciones de este país quisieran compensar a España y, con este motivo, un comité de Boston recaudó fondos para crear en Madrid una institución dedicada a la educación de las mujeres en España (*International Institute for Girls in Spain*). En su inicio tuvo un carácter misionero protestante, pero pronto dejó de tener este perfil y pasó a ser un centro para formación de hijas de familias liberales acomodadas. Establecieron relaciones con la ILE y con la JAE, compartiendo edificio y proyectos. Así se creó en 1920, por la profesora americana Mary Louise Foster (1865-1960), un laboratorio que llevaría su nombre y que estaba supervisado por Madinaveitia. Fue uno de los primeros laboratorios docentes de química bien equipados (ver Figura 3) y supuso una experiencia muy interesante, truncada con la guerra de 1936.<sup>[21]</sup>

También tuvo importancia la creación por los jesuitas, en 1905, del *Laboratorio Químico del Ebro*, regentado por el conocido como padre Vitoria (Eduardo Vitoria Miralles, 1864-1958), en Roquetas (Tarragona). En 1916 se trasladó a Sarriá (Barcelona) con el nombre de *Instituto Químico* y fue fundamental en la formación de muchos químicos. Dentro de Cataluña, se destaca también el *Institut d'Estudis Catalans*, creado por Enric Prat de la Riba (1870-1917) en 1907, que tenía secciones de Historia, Arte y Literatura, y añadió una sección de Ciencias en 1911.

En 1934 se celebró en Madrid el Congreso de la IUPAC, que fue el primer gran encuentro de química tras la Primera Guerra Mundial.<sup>[27]</sup> Lo inauguró el presidente de la República, Niceto Alcalá-Zamora (1877-1949), y una conferencia general fue impartida por Gilbert N. Lewis (1875-1946).

La relación de científicos españoles con centros importantes del extranjero, sobre todo después de la Primera Guerra Mundial y el nivel de las investigaciones que se llevaron a cabo, hacen que esta época se considere como la *Edad de Plata* de la ciencia española.<sup>[19]</sup> En la Figura 4 se recogen los retratos de algunos de los personajes destacados en este epígrafe.

#### RESEÑA DE PROFESORES DE QUÍMICA EMBLEMÁTICOS DE LA PRIMERA MITAD DEL SIGLO XX

Incluimos una breve reseña de profesores, la mayoría relacionados con la JAE, que contribuyeron a la *Edad de Plata* desde el ámbito de la química.

José Rodríguez Carracido fue uno de los que más influyó en la enseñanza de la química porque estaba en el *Consejo de Instrucción Pública* y le correspondía presidir la mayoría de los tribunales de cátedras de universidad, de instituto y de escuelas de ingenieros. También pertenecía a la JAE y ocupó muchos otros cargos, como vocal y presidente de la *Asociación para el Progreso de las Ciencias* y del Ateneo de Madrid, decano de Farmacia y rector de la Universidad Central.<sup>[8,9]</sup> Precisamente como rector, recibió a Albert Einstein (1879-1955) en la visita que realizó a España en 1923. En la Figura 5 se ve a ambos, junto con otros docentes reseñados en este trabajo.<sup>[10]</sup>

Juan Fagés era natural de Tarragona. Se fue a Madrid a hacer el doctorado y se quedó allí, donde, gracias a Carracido consiguió la plaza de profesor de Análisis Químico de la Facultad de Ciencias. Sus investigaciones estuvieron relacionadas con los trabajos de Friedrich Wilhelm Ostwald (1853-1932).<sup>[15]</sup>

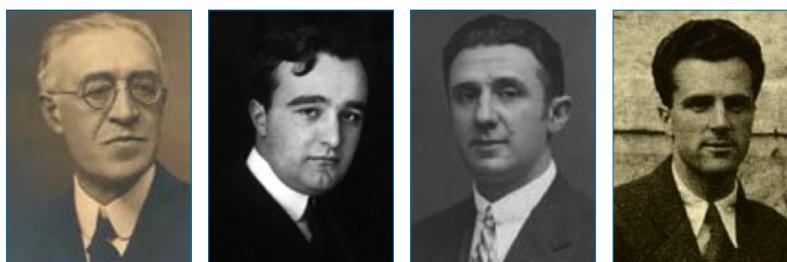


Figura 4. Personajes destacados en la enseñanza universitaria de la química de la primera mitad del siglo xx. De izda. a der.: Casares Gil, Madinaveitia, Moles y Catalán

Ángel del Campo fue cofundador y vicesecretario de la *Sociedad Española de Física y Química*. Después de haber sido profesor en enseñanza media, en 1906 presentó su tesis doctoral sobre “Observaciones acerca de los espectros de absorción de algunas reacciones coloreadas de las exosas”. En 1909 viaja a París con una ayuda de la JAE. En 1915 obtuvo la cátedra de Análisis Químico de la Universidad Central, después de competir por segunda vez con el ya catedrático de la Universidad de Salamanca José Giral. A partir de 1923 se fue desligando del *Instituto de Ciencias*, dejando de jefe del centro de espectroscopía a su alumno Miguel Catalán. Formó parte de la *Comisión Internacional de Nomenclatura Química*, así como de la *Comisión Nacional de Pesos Atómicos*. Depurado tras la Guerra Civil, fue luego rehabilitado.<sup>[10, 22]</sup>

Antonio Madinaveitia tenía una formación extraordinaria, con tres licenciaturas (Ingeniería Química en la Escuela Politécnica Federal de Zúrich, Farmacia en la Universidad de Barcelona y en Ciencias Químicas en la Universidad Central) y otros tres doctorados. En Zúrich investigó con el alemán Richard Martin Willstätter (Premio Nobel de Química en 1915) ya citado. En 1916 fue nombrado director del *Laboratorio de Química Biológica*, como se señaló. En este período le concedieron ayudas para viajar al *Instituto Pasteur* de París. En su laboratorio se preparaban fundamentalmente a los alumnos de Medicina y años después sería la sección de Química Orgánica del CSIC. Le costó mucho conseguir la cátedra de la Universidad Central que obtuvo a la muerte de Carracido. Al finalizar la Guerra Civil no pudo regresar ya a España y desarrolló todo su trabajo posterior en México.<sup>[10, 23]</sup>

Obdulio Fernández, catedrático primero de Granada y después de Madrid, fue cofundador y presidente en dos ocasiones de la *Sociedad Española de Física y Química*. Entre otros aspectos destacados, se encargó de dar a conocer las normas de la IUPAC en España, y participó en la junta de construcción de la Ciudad Universitaria.<sup>[10-12]</sup>

Antonio de Gregorio Rocasolano (1873-1941) fue catedrático de Química General de Barcelona aunque se trasladó a la Universidad de Zaragoza y fue el fundador de

la *Escuela de Química de Zaragoza*. Criticó a la ILE y la JAE porque no ayudaban a la Universidad de Zaragoza. Tras la Guerra Civil, fue presidente de la *Comisión para la Depuración del Personal Universitario*, encargada de la separación del servicio, sanción o inhabilitación de gran número de profesores. En 1939, cuando se creó el *Consejo Superior de Investigaciones Científicas* (CSIC), fue nombrado vicepresidente.<sup>[10, 26]</sup>

Enrique Moles estudió en Barcelona y, en 1905, se trasladó a Madrid, donde presentó la tesis doctoral en Farmacia. En 1909 consiguió una beca de la JAE para ir a Múnich y en 1910 a Leipzig, donde se doctoró con Wilhelm Ostwald (1853-1932). Después de varias complicaciones, consiguió una plaza de profesor auxiliar en la Universidad Central. En 1912 obtuvo otra ayuda de la JAE para ir de nuevo a Zúrich, donde trabajó con el francés Pierre Ernest Weiss al mismo tiempo que lo hacía Blas Cabrera. Consiguió también un doctorado en Física en Ginebra, con Charles-Eugène Guye (1866-1942). En 1927 ganó la cátedra de Química Inorgánica de la Universidad Central. Carlos Nogareda, que asistió a la oposición y después fue alumno suyo, destaca la categoría intelectual y humana, como investigador y como profesor de Moles,<sup>[16]</sup> considerado por muchos como el “padre de la química moderna” en España. Por ejemplo, introdujo por vez primera, en 1910, una materia que tardaría todavía lustros en aparecer en los planes de estudios, la Química Física, con un curso que titulaba “Trabajos Prácticos de Química Física”. Fue profesor, entre otros, de Augusto Pérez Vitoria (1908-1991, catedrático de Química Inorgánica en Murcia) y de Emilio Gimeno Gil (1886-1976, catedrático de Química Inorgánica en Madrid). Exiliado en París entre 1939 y 1941, prestó sus servicios en el *Collège de France* y como investigador del CNRS. Tras la ocupación alemana regresó, y pasó los dos años siguientes internado en cárceles españolas. Nunca fue rehabilitado, pese a los esfuerzos de Julio Palacios y científicos extranjeros; pesó en su contra el trabajo que desempeñó en la fábrica de gases de combate de La Marañosa. Cuando fue liberado, trabajó en los laboratorios del *Instituto de Biología y Sueroterapia IBYS*.<sup>[10, 16]</sup>

Miguel Ángel Catalán, procedente de Zaragoza, se fue a Madrid a trabajar con Ángel del Campo. Presentó la tesis sobre espectroscopía en 1917 y continuó como investigador iniciando su carrera como catedrático de Física y Química de bachillerato. En 1920, con una beca de la JAE, empezó a trabajar en el *Imperial College* de Londres y demostró que el estudio de los multipletes permite conocer mejor los estados energéticos de los electrones, descubrimientos que recoge la revista *Nature* en 1922 y que Bohr comentaba en sus conferencias. En 1930 se le nombró jefe de la sección de espectroscopía del *Instituto Nacional de Física*. Desde 1934 fue catedrático de la Universidad de Madrid. De ambos puestos se le apartó con motivo de la Guerra Civil, a pesar de que no se implicó en la contienda. Cuando se le separó de la enseñanza oficial, trabajó en el *Colegio Estudio*, que fundó su mujer, Jimena Menéndez (hija de Menéndez Pidal). En 1950 se le nombró director del Departamento de Espectros del *Instituto de Óptica del CSIC* y siguió impartiendo docencia en la Universidad.<sup>[10, 17, 22]</sup>



Figura 5. Reunión de científicos durante la visita de Einstein a Madrid en 1923. Sentados (de izda. a der.): M. Vegas, J. Rodríguez Carracido, A. Einstein, L. O. de Toledo y B. Cabrera. De pie (de izda. a der.): E. Lozano Rey, J. M. Plans, J. Madrid, E. Lozano Ponce de León, I. González Martí, J. Palacios, A. del Campo y H. Castro

## LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA UNIVERSITARIA ESPAÑOLA DURANTE EL FRANQUISMO

La *Edad de Plata* de la ciencia española termina con el inicio de la Guerra Civil en 1936. Aunque la JAE provisionalmente se trasladó a Valencia, la mayoría de los investigadores se tuvieron que exiliar, muchos no regresaron y otros sufrieron procesos de “depuración” por motivos políticos. Muchos profesores de este éxodo obligado se fueron a universidades hispanoamericanas, principalmente a la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM. Según Otero Carvajal, de 487 catedráticos en 1935, había 159 que, diez años después, se encontraban excluidos de la Universidad.<sup>[30]</sup>

En el franquismo se distinguen claramente dos etapas; la primera, entre 1939 y 1953, muy cerrada al exterior y rígida en cuanto a la ideología política, y la segunda, a partir de 1953, supone una cierta apertura al exterior, en la que se establecen acuerdos con Estados Unidos. En esta segunda etapa fue ministro de educación, entre 1951 y 1956, Joaquín Ruiz-Giménez Cortés (1913-2009), quien dimitió del cargo al no poder acometer las reformas educativas que deseaba.

El primer ministro de *Instrucción Pública* (que pasará pronto a denominarse de *Educación Nacional*) desde enero de 1938 hasta agosto de 1939, fue Pedro Sainz Rodríguez (1897-1986), catedrático de Historia de la Literatura de la Universidad de Oviedo, monárquico, que pronto discreparía de la política de Franco. Creó el *Instituto de España* que incluía todas las academias y centros de investigación y heredaba las instalaciones e instituciones relacionadas con la JAE. Aunque esbozó un plan para crear el CSIC, no se llevó a cabo porque fue desbancado por José Ibáñez Martín (1896-1969, ministro entre 1939-1951) y José María Albareda Herrera (1902-1966, que ocuparía la secretaría del CSIC hasta su muerte).

Las primeras leyes se publican en las fechas: 24/11/1939, 18/3/1940 y 16/12/1942. El artículo tercero de la ley de 1939 dice: “El Consejo de Investigaciones Científicas estará integrado por representaciones de las Universidades, de las Reales Academias, del Cuerpo Facultativo de Archivos, Bibliotecas y Museos, de las Escuelas de Ingenieros de Minas, Caminos, Agrónomos, de Montes, Industriales, Navales, de Arquitectura, Bellas Artes y Veterinaria. Formarán, también, parte de dicho Consejo, representantes de la investigación técnica del Ejército, de la Marina, de la Aeronáutica, de las Ciencias Sagradas, del Instituto de Estudios Políticos y de la Investigación privada.” Y su artículo 10 señala: “Se atribuyen al Consejo Superior de Investigaciones Científicas los créditos consignados en el Presupuesto de Educación Nacional para los Museos de Ciencias Naturales y Antropológico, Institutos Cajal, Nacional de Física y Química Pura y Aplicada y de Lenguas Clásicas, Jardín Botánico, Centros de Estudios Hispanoamericanos de Sevilla y de Estudios Árabes de Madrid y Granada, cuantos dependían de la extinguida Junta para Ampliación de Estudios y Fundación Nacional de Investigación Científica y Ensayos de Reformas y los que se destinen por el Ministerio de Educación Nacional”.<sup>[9]</sup>



Figura 6. Personajes destacados en la enseñanza universitaria de la química de mediados del siglo xx. De izda. a der.: Julio Palacios, Lora Tamayo y de Gregorio Rocasolano

Julio Palacios (cuyo retrato se recoge en la Figura 6 junto con la de otros coetáneos destacados) fue incluido en la mesa del *Instituto de España* en 1939, encargado de los centros de Ciencias Físico-matemáticas y Naturales dependientes del Ministerio y responsable de gestionar la herencia de la JAE. Contribuyó a crear el *Seminario de Bioquímica* en Zaragoza, bajo la dirección de Rocasolano, y preparó la reanudación de actividades del *Laboratorio de Química Orgánica* de la Universidad de Salamanca. Fue cesado cuando llegó al ministerio Ibáñez Martín y, a partir de ese momento, ya no se cumplieron los planes de Sainz Rodríguez que eran que el CSIC siguiera con la misma estructura que la JAE. Tampoco se llevó a efecto el proyecto del *Instituto de España* como lo había ideado Sainz Rodríguez con Eugenio D’Ors (1881-1954) como secretario.<sup>[20, 30]</sup>

El *Instituto de Química “Alonso Barba”* comenzó en el CSIC en 1939. Su director fue durante muchos años Casares Gil, y tuvo al principio secciones de Química Analítica (el propio Casares), Química Agrícola (José María Albareda Herrera, 1902-1966), Química Física y Química Inorgánica (Antonio Rius Miró, 1890-1973) y Química Orgánica (Manuel Lora Tamayo, 1904-2002). La Química Agrícola desapareció en 1942, al crearse el *Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal*; la Química Física se desgajó en 1946 para constituir el *Instituto de Química Física “Antonio de Gregorio Rocasolano”*; y la Química Orgánica lo hizo en 1955 para constituir el Instituto de Química del *Patronato Juan de la Cierva*.

La situación económica, primero como fruto de la contienda y después por el aislamiento en que quedó España, era deplorable. Mejora ligeramente a partir de 1953, con la firma de acuerdos con Estados Unidos ya citados y, sobre todo, en 1959, con el *Plan de Estabilización*. En el plano internacional, España fue miembro de la OCDE (*Organización de Cooperación y Desarrollo Económico*) desde su creación en 1961.

El CSIC, la *Junta de Energía Nuclear* (JEN) y el *Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial* (INTA) fueron responsables de la investigación científica española entre 1940 y la década de 1960. En 1963 se creó la *Comisión Delegada del Gobierno de Política Científica*, que sería el único organismo encargado de los fondos de investigación científica.

La JAE había sido más partidaria de una investigación localizada en Madrid y en un único centro. Sin embargo, Albareda propuso que en cualquier universidad podría haber un grupo de investigación siempre que demostrara tener medios para ello. En este sentido, cuando el CSIC adoptaba un grupo en una Facultad, se convertía en una sección de alguno de sus institutos y el personal era el mismo, recibien-

do un sobresueldo. La enseñanza en la universidad estuvo muy relacionada con el CSIC porque muchos profesores de cierto prestigio también formaban parte de él.

Al CSIC se incorporó también el *Museo Pedagógico de Cossío*, que pasó a llamarse *Instituto San José de Calasanz*, y el *Instituto de Enseñanza Media Ramiro de Maeztu* (su primer director fue Albareda), creado en los locales del *Instituto Escuela*. La filosofía fue que los proyectos de enseñanza saldrían del *Instituto San José de Calasanz* con las normas pedagógicas adecuadas y se experimentarían en el *Instituto Ramiro de Maeztu*.

La investigación relacionada con la industria estaba dirigida por el *Patronato Juan de la Cierva* que, aunque teóricamente pertenecía al CSIC, en la realidad dependía del *Instituto Nacional de Industria* (INI), creado en 1941 bajo la dirección del marqués de Suances (Juan Antonio Suances Fernández, 1891-1977).<sup>[35]</sup>

Científicos alemanes fueron invitados a visitar España en varias ocasiones, en concreto a diversos actos del CSIC. A finales de 1949 una comisión formada por Otto Hahn (1879-1968, premio nobel de química en 1944, descubridor de la fusión nuclear), Erich Regener (1881-1955, descubridor de la radiación cósmica), Karl Ziegler (1898-1973, premio Nobel de Química en 1963) y Gunter Lehmann (1897-1974, fundador de la fisiología aplicada) fueron invitados para participar en los actos de celebración de su décimo aniversario, y se quedaron impresionados del pomposo recibimiento, así como de la fastuosidad de los actos y de la cantidad de símbolos de tipo político en todos los centros.<sup>[18, 29]</sup>

A partir de 1950 Lora Tamayo, en su calidad de secretario del CSIC estableció relaciones formales con el *Instituto Max Planck*. Desde ese momento, científicos del CSIC y de algunas universidades viajaron a Alemania, e incluso hubo intercambios entre ambos centros de científicos visitantes. Entre otros podríamos mencionar a Calderón que se formó en el instituto de Química Orgánica (CSIC) y ETH-Zürich, aprendiendo microanálisis con Prelog (1906-1998, premio Nobel de Química 1975), Antonio González (1917-2002) en la Universidad de Cambridge con Alexander Todd (1907-1997), Pérez Álvarez-Ossorio en University College de Londres con Christopher Ingold (1893-1970), Edilberto Fernandez Alvarez en Universidad de Estocolmo con Arne Wilhelm Kaurin Tiselius (1902-1973, premio Nobel de Química 1948), Soto en la Universidad de Múnich con Adolf Friedrich Johann Butenandt (1903-1995, Premio Nobel de Química año 1939), y Francisco Fariña Pérez en Universidad de Colonia con Kurt Alder (1902-1958, Premio Nobel de Química 1950). Los equipos de investigación a partir de 1945 fueron muy numerosos como se puede comprobar consultando.<sup>[8, 31, 32, 36]</sup> Becarios españoles se desplazaron a centros alemanes a través de la *Fundación Alexander-von-Humboldt*. La relación con Estados Unidos hizo que también hubiera becarios *Fullbright*.

El Instituto *Torres Quevedo* estuvo bajo el control del marqués de Suances, del cuerpo de *Ingenieros Navales de la Armada*, para integrar la tecnología y la industria hasta 1951 cuando se hizo cargo Lora Tamayo, como científico. Otro militar, José María Otero Navascués (1907-

1983) fue nombrado en 1946 encargado del *Instituto de Óptica*.

Al final de los años cincuenta la relación de los científicos españoles con el extranjero empieza a mejorar y a ser una realidad y explica el nivel de algunas investigaciones que ya se realizan en algunos campos.

La revista más importante para publicar trabajos de química fue *Anales de la Real Sociedad de Física y Química*. El tomo 37, que se imprime en Toledo en 1941, indica que es la revista oficial de los Institutos *Alonso Barba*, *Alonso de Santa Cruz* y de la *Real Sociedad Española de Física y Química*, y lleva el *nihil obstat* de un censor y el *imprimase* del Vicario General. A partir de 1948, *Anales* se divide en dos secciones, A y B, dedicadas a Física y a Química, respectivamente, y los resúmenes vuelven a aparecer en inglés.

La ley del 29 de julio de 1943 (BOE del 31 de julio) sobre la Universidad española, en su artículo primero, dice: “La Universidad española es una corporación de maestros y escolares a la que el Estado encomienda la misión de dar la enseñanza en el grado superior y de educar y formar a la juventud para la vida humana, el cultivo de la ciencia y el ejercicio de la profesión al servicio de los fines espirituales y del engrandecimiento de España”. Los artículos tercero y cuarto señalan: “La Universidad, inspirándose en el sentido católico, consubstancial a la tradición universitaria española, acomodará sus enseñanzas a las del dogma y de la moral católica y a las normas del Derecho canónico vigente.” [...] “La Universidad española, en armonía con los ideales del Estado nacionalsindicalista, ajustará sus enseñanzas y sus tareas educativas a los puntos programáticos del Movimiento.”

Por la citada ley, se crean doce distritos universitarios que se corresponden con las Universidades de Madrid, Barcelona, Granada, Oviedo, Salamanca, Santiago de Compostela, Sevilla, Valencia, Valladolid, Zaragoza, La Laguna y Murcia. Cada universidad debía tener al menos tres facultades. Se establecen siete facultades posibles de las cuales una era la Facultad de Ciencias. Todas las universidades podrán conceder el grado de doctor, que será exigido para las funciones docentes universitarias y además supondrá un mérito añadido para optar a otros puestos.

En el capítulo V, se establece la necesidad de aprobar materias relacionadas con la formación religiosa y política. También establece el *Sindicato Español Universitario*, la *Milicia Universitaria* y el servicio de protección escolar. Como podemos comprobar, dicha ley acaba con la libertad de cátedra y la enseñanza deja de ser laica.

El acceso a las cátedras será alternativamente por oposición centralizada en Madrid o por traslado. El tribunal lo nombrará el Ministerio entre catedráticos numerarios, de los cuales al menos tres deben ser del área a la que se concurra y el presidente del tribunal debe pertenecer a CSIC, al Consejo Nacional de Educación o a Reales Academias.

José Ignacio Fernández Alonso (1917-1999) de la Universidad de Valencia y Salvador Senent Pérez (1919-2006) de la Universidad de Valladolid fueron los introductores de la química teórica en España. El primero se había formado en el *Instituto de Tecnología de California* (CALTECH) donde colaboró con Pauling y después en el *Centro de Química Teó-*

rica de Francia. Fue el introductor de la Química Cuántica; en 1945 obtuvo la cátedra de Valencia y en 1971 se trasladó a la Universidad Autónoma de Madrid. Senent se formó en el *King's College* de Londres y en la Universidad de Oxford, donde trabajó con Coulson (con quien publicó dos artículos sobre orbitales en 1955).<sup>[32, 35, 37]</sup>

Keith P. Anderson describe la enseñanza de la química en España a principios de los años sesenta, según su experiencia en las Universidades de Valencia y Barcelona.<sup>[33]</sup> Aparte de resaltar alguna curiosidad, como el hecho de que los alumnos se ponían en pie cuando entraba el profesor en clase, resalta en general un alto nivel formativo, que no esperaba. Destaca que en las clases solo interviene el profesor, sin que los alumnos suelen hacer preguntas. En todas las universidades el plan de estudios de Ciencias Químicas era el mismo, desarrollado en cinco años lectivos, y constaba de dos cursos de Química Inorgánica, Química Orgánica, Química Física, Química Analítica y Química Técnica. El primer curso era selectivo, con cinco materias: Química General, Física General, Matemáticas, Biología y Geología. En segundo curso, además de las materias de química, se impartía otro curso de Matemáticas y uno de Termodinámica. En tercero se impartía un curso de Electricidad. Se exigía también un examen en inglés, otro en alemán y otro de dibujo para conseguir la Licenciatura. Todas las clases teóricas iban acompañadas de horas adicionales de laboratorio y de problemas en cada una de las materias. El horario era de 8 a 14 y de 16 a 19. Los programas de las materias los establecía el ministerio, pero había bastante laxitud por parte de los profesores para llevarlos a cabo. El trabajo en el laboratorio era en pequeños grupos, con prácticas bien seleccionadas aunque con carencias de equipamiento moderno. El trabajo y los grupos de investigación prácticamente no existían en las universidades y había un único profesor a tiempo completo con un número limitado de adjuntos. De los exámenes, destaca que contienen preguntas difíciles, que exigen una clara comprensión o memorización, que hacen que, en general, el sistema promueva más un aprendizaje de tipo memorístico que la habilidad de pensar, aunque también señala que muchos profesores intentaban lo contrario.

En todo caso, siendo interesante la descripción de Anderson, no deja de ser una visión puntual. Por ejemplo, la experiencia personal de las dos autoras de este trabajo, que estudiaron la Licenciatura en Química por aquella época, en la Universidad de Salamanca, les lleva a afirmar que en casi todas las materias también se ponían problemas en los exámenes y, en algunos casos, había hasta exámenes del trabajo de laboratorio que eran previos para pasar a los teóricos.

Como resumen Anderson opina que era un programa de estudio difícil, en el que se hacía énfasis en ciencias, matemáticas y lenguas (especificando que solo a nivel de lectura). Destaca que los profesores estaban bien formados, y trataban de ampliar la posibilidad de investigación que estaba muy limitada por la situación en que trabajaban. Además, alaba el hecho de que la duración de los estudios, cinco años, fuera mayor que en Estados Unidos, pues consideraba que eso redundaba en una mayor madurez en los alumnos.

A partir de los años sesenta, las universidades tienen más autonomía investigadora porque pueden solicitar fondos a través de CAICYT (*Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica*, 1958-1987). Además, aumentó de forma significativa el PIB y se produjo una transformación en las élites sociales influyentes que adoptaron actitudes más tecnócratas y laicas. En 1962 es nombrado ministro de Educación Manuel Lora Tamayo que a partir de 1966 introdujo la palabra “Ciencia” dentro el Ministerio de Educación, el “MEC”. En 1964 se creó el *Fondo Nacional para el Desarrollo de la Investigación Científica y Técnica* (FONDICYT), dotado inicialmente con fondos del *Plan de Desarrollo*. Por otra parte, en 1966 falleció Alvareda y la política científica tomó nuevos rumbos con dos decretos sobre el funcionamiento del CSIC: el 3055/1966 modifica su reglamento (BOE 16/12/1966) y el 2179/1967 (BOE 18/9/1967) reglamenta la coordinación entre centros de enseñanza superior y de investigación, y la equivalencia entre los miembros del CSIC y los profesores universitarios. Los fondos del FONDICYT sirvieron para financiar becas que permitieran a los jóvenes salir a formarse en centros del extranjero.

La siguiente reforma es la ley 4 de agosto de 1970 (BOE del 6/8/1970), que pone fin a la *Ley Moyano* y cuya sección cuarta se refiere a las universidades. El artículo 64.1 dice: “Las Universidades gozarán de autonomía y determinarán por sí mismas los procedimientos de control y verificación de conocimientos, el cuadro y el sistema de sus enseñanzas y su régimen de docencia e investigación”. Esta ley tuvo gran importancia porque permitió la creación de los Departamentos Universitarios y los *Institutos de Ciencias de la Educación* (ICE).

En 1975, los institutos del CSIC estaban dotados, en general, de material adecuado para poder investigar, y la Universidad iniciaba cierta autonomía.<sup>[9, 30, 33]</sup>

## LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA UNIVERSITARIA EN ESPAÑA DESDE LA TRANSICIÓN A LA DEMOCRACIA

En 1976, con Carlos Robles Piquer (1925) como primer ministro de Educación después de Franco, se creó la *Dirección General de Política Científica* (RD 671/1976, de 2 de abril). No había demasiado presupuesto, pero fue muy importante que se reestructuró el CSIC y se dejó una única secretaria general. Los cambios continuaron con Aurelio Menéndez Menéndez (1927) de ministro que, en 1977 suprimió varios organismos y patronatos, quedando el CSIC como un único organismo autónomo. Organizó un grupo de científicos de reconocido prestigio, formados en centros punteros del extranjero, para elaborar un nuevo reglamento del CSIC que simplificara las estructuras y creara la posibilidad de participación en los órganos de gobierno.

Después de aprobada la Constitución, en 1979, se crea el *Ministerio de Universidades e Investigación* con Luis González Seara (1936-2016) al frente, pero su duración fue demasiado corta, dos años, para que el ambicioso plan sobre mejora de las universidades y el CSIC se pudieran llevar adelante. Se reformó la estructura de la CAICYT, hacién-

dola más ágil, y mejoraron los presupuestos y la colaboración con la industria.

En 1983 (BOE 1/9/1983) se aprueba la *Ley de Reforma Universitaria*, LRU, siendo ministro José María Maravall Herrero (1942), en cuyo preámbulo se indica: “La Constitución española hace imperativa la reforma y ésta es también imprescindible para que la Universidad pueda rendir a la sociedad lo que tiene derecho a exigir de aquélla a saber: la calidad docente e investigadora; algo que, sin embargo sólo podrá ofrecer si le garantizan condiciones de libertad y de autonomía, pues sólo en una Universidad libre podrá germinar el pensamiento investigador”.<sup>[9]</sup>

Junto a la LRU, en la *Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica (Ley de la Ciencia)* de 1986 se menciona por primera vez la investigación como una de las funciones de la Universidad y permitió a los profesores doctores tener su propio equipo de investigación. Esta ley puso en marcha el Plan Nacional I+D y la *Comisión Interministerial de la Ciencia y la Tecnología* (CICYT), aumentando de forma considerable los presupuestos de investigación, de forma ininterrumpida, hasta 1990. En 1987 se creó la *Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva* (ANEP) con lo que se estableció la evaluación por pares de los proyectos de investigación, que permitía asignar financiación de una forma más correcta a los proyectos de investigación mejor valorados. En 1989 se crea la *Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora* (CNEAI) que permitió la asignación de complementos retributivos por los méritos de investigación a los profesores, conocidos como “sexenios”.

Entre el 1985 y 1987 hubo varios programas importantes que supusieron la puesta en marcha centros relacionados con la ciencia de los materiales en Madrid, Barcelona, Zaragoza y Sevilla. En 1990 se creó el *Instituto de Tecnología Química en Valencia*, centro mixto entre el CSIC y la *Universidad Politécnica de Valencia* a cuyo frente estaría Avelino Corma.

En 1996, aprovechando edificios de la Exposición Universal de Sevilla, se inauguró un importante centro de colaboración entre el CSIC y la *Universidad de Sevilla*, el *Instituto de Investigaciones Químicas*.

Con relación a la enseñanza, a partir de la LRU (inspirada en las ideas de Giner de los Ríos y en un afán de modernizar la universidad española), entre otros aspectos, se permitió que cada universidad elaborara sus propios planes de estudio, dentro de su autonomía. Este aspecto, positivo intrínsecamente, tuvo su contrapartida en un hecho ampliamente criticado: el diseño de materias y créditos en función de los intereses de profesores y departamentos. Como decía Julio Carabaña, profesor de Sociología de la Facultad de Educación de la UCM, “lo que empezó siendo una empresa de planificación al servicio de los intereses generales acaba siempre en un juego de intrigas, conspiraciones y opresiones para mantener o imponer los intereses de círculos o capillas bien localizadas”.

Los planes de estudios se reformaban constantemente, fruto de una sucesión constante de legislaciones. Entre 1987 y 1998 se aprobaron los siguientes reales decretos: 1497/1987 de 27/11/1987/(BOE 14/12/1987), 1267/1994

de 10/6/1994 (BOE 11/6/1994), 2347/1996 de 8/11/1996 (BOE 23/11/1996), 614/1997 de 25/4/1997 (BOE 16/5/1997), y 779/1998 de 30/4/1998 (BOE 1/5/1998).

A la LRU le suceden La *Ley Orgánica de Universidades* (LOU) 6/2001, de 21 de diciembre, y La *Ley Orgánica* 4/2007 de 12 de abril, por la que se modifica la anterior. Como consecuencia de esta última está el Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, que establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales concretando la estructura de acuerdo con las líneas generales emanadas del conocido como *Espacio Europeo de Educación Superior* (EEES). Según esta estructura, la enseñanza universitaria queda organizada en titulaciones de grado, máster y doctorado, desapareciendo las diplomaturas, licenciaturas e ingenierías anteriores.<sup>[9, 36, 37]</sup>

Este último cambio, en el que en la actualidad estamos todavía inmersos, ha sido promovido, entre otros motivos, por la necesidad de armonizar la enseñanza universitaria en el ámbito europeo. Se conoce como *Proceso de Bolonia* porque se basa en la declaración que firmaron varios ministros europeos en 1999, en la Universidad de Bolonia.<sup>[40]</sup>

Este proceso ha implicado cambios profundos en el ámbito universitario español, no solo en cuanto a la estructura de títulos, sino en otros muchos. Por ejemplo, se han establecido estructuras y procedimientos para la garantía de la calidad en diversos aspectos (diseño de titulaciones, docencia, evaluación del profesorado, gestión...), regulados por agencias autonómicas y la ANECA (*Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación*), creada en 2002. Se ha promovido también una renovación pedagógica, con idea de formar al alumno en la adquisición de competencias que le sirvan para su formación continua, mediante una enseñanza que suponga una mayor implicación por su parte. En este sentido, se ha aprobado (y tiene ya cerca de 30 años de existencia desde que se empleó por primera vez en programas de intercambio europeos), y es común ya a decenas de países, el “crédito” conocido por las siglas ECTS (*European Credit Transfer and Accumulation System*) que, al equivaler a entre 25 y 30 horas de trabajo del alumno, centra la importancia educativa en el trabajo de este y no meramente en los contenidos de las materias. Probablemente nunca como en los primeros años de este siglo se ha destinado tantos recursos a la innovación educativa en la Universidad.

Por otra parte, afortunadamente, el intercambio de docentes y alumnos entre centros españoles y otros países, esencialmente europeos y Estados Unidos, ya no es una excepción. Son muchos los alumnos universitarios que cursan, ya durante el Grado, enseñanzas en otras universidades europeas, mediante el programa *Erasmus*.

A veces se exigen programaciones al profesorado universitario, que recuerda la que se inició en los años setenta del pasado siglo en niveles educativos previos. Como aquellas, llevan implícita una controversia entre el tiempo que requieren y las mejoras que suponen.

En muchos casos, la “enseñanza por competencias” se ha desvirtuado, copiando a veces ideas más propias de empresas multinacionales que del ámbito académico. En todo caso, como señala el Prof. Hernández, para que

nuestra universidad sea posible son imprescindibles profesores que enseñen y eduquen, y estudiantes dispuestos a formarse.<sup>[39]</sup> Por eso es importante resaltar que no todo depende de la legislación vigente. En cuanto a ideas, retos y características de cuestiones relacionadas con la innovación educativa en la Química universitaria, y por no ser más exhaustivos, invitamos al lector interesado a leer algunos de nuestros trabajos publicados en esta revista en los últimos años.

Todos estos cambios, promovidos en el *Proceso de Bolonia*, se unieron a otros anteriores, por los que la enseñanza universitaria en España se transfirió a las Comunidades Autónomas.

Además, se une a una crisis económica a nivel internacional, en los últimos años que, en nuestro caso concreto como país, dejó sin posibilidad de financiación muchos programas de renovación ambiciosos. Además, han subido las tasas universitarias y se han reducido de forma drástica los fondos para becas, proyectos de investigación, etc.

Es muy difícil afrontar cambios tan complejos, tan continuos y en tan poco tiempo. Eso ha llevado a que a veces, cambia el nombre de una asignatura y el número de créditos asignados a ella, que casi siempre se reducen, con lo que los alumnos se quejan de que se abordan los mismos contenidos en menos tiempo.

Es frecuente la queja entre profesores, de que la docencia ha quedado relegada, en las últimas décadas, a un segundo lugar, primándose más el ámbito de la investigación. En todo caso, muchas veces ese tipo de criterios no se aplican siguiendo ninguna ley específica, sino comisiones de evaluación (concursos a plazas, convocatorias...) concretas y cada Universidad en virtud de su propia autonomía.

Quizá uno de los mayores problemas en estudios de ciencias e ingenierías ha sido la desaparición de una materia anual de *Química General*, acompañada en el primer curso de otra de *Física General*, que serían el fundamento para poder entender cualquier texto de estas áreas y tener una idea global de las mismas. Además, deberían ser impartidas por los mejores profesores de cada universidad, como se suele hacer en otros países.

La proliferación de las universidades, sin ser un problema *per se*, se ha llevado a cabo con cierta improvisación, sin tener en cuenta, por ejemplo, que un profesor de universidad necesita una amplia formación. Se ha pasado en las últimas décadas de menos de 20, a más de 80 universidades, muchas de ellas privadas (antes prácticamente inexistentes). Pero es cierto que hubo que acoger a un gran número de alumnos, dado el aumento del nivel de vida, la demografía y los anhelos de las familias para mejorar la formación de las nuevas generaciones mientras que en los últimos años se ha producido un descenso en la tasa de natalidad sin precedentes.

Un hecho bastante frecuente es que la enseñanza experimental esté desligada de la teórica, impartándose por

profesores diferentes que a veces no se ponen de acuerdo. Pero también es cierto que los estudios de Química, frente a otras áreas del saber en España, han tenido una amplia historia de reconocimiento y desarrollo, como ha quedado patente en las páginas anteriores.

En todo caso, frente a estudios universitarios más anclados en procedimientos rutinarios, propios de épocas pasadas, las enseñanzas de Química han destacado casi siempre en nuestros *campus* por su espíritu más práctico e innovador.

Como aspecto positivo, se puede destacar que la formación internacional de nuestros titulados, tanto durante su formación como en el posgrado, es ahora casi generalizada, mientras que anteriormente era solo de forma puntual.

Es imposible dejar de citar en las transformaciones educativas de las últimas décadas, la incorporación rápida y de forma masiva de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación.

## CONCLUSIONES

Para entender los retos y desafíos de la enseñanza universitaria de la química española en el presente, es importante conocer el pasado más reciente, nuestro trabajo ha pretendido dar una idea muy somera de la evolución en los dos últimos siglos.

Al tratar el tema, hemos nombrado a varias decenas de docentes e investigadores, que son un botón de muestra de un quehacer importante y relevante. Ha habido personajes que han trabajado de forma cercana a premios Nobel, se ha tenido una importante presencia en universidades de prestigio de los países del entorno, ya desde el siglo XIX, y se han creado instituciones para la mejora de la educación a lo largo de los años. Además, los profesionales formados en todo este tiempo han colaborado en el desarrollo de sectores industriales (químico, agroalimentario, plásticos, cemento, farmacéutico...) con una presencia relevante en la economía española, así como en otros países.

Los datos de resultados de investigación, como artículos publicados en revistas de prestigio, en áreas de Química, nos sitúan en puestos destacados a nivel mundial. Nuestros titulados se incorporan en grupos nacionales e internacionales, de carácter interdisciplinar de primer nivel, en áreas como ciencias biomédicas, nuevos materiales, nuevas fuentes de energía, y medio ambiente. Quizá este sea, por otra parte, uno de los retos más importantes del presente en España: ser capaces de generar una economía donde los jóvenes titulados no tengan que participar necesariamente de un éxodo con difícil retorno, por falta de puestos de trabajo. Ojalá estemos también, como papel relevante de la solución, todos los implicados en las enseñanzas universitarias de química.

**REFERENCIAS**

- [1] M. Martín, G. Pinto, M. T. Martín, *An. Quím.*, **2016**, *112* (4), 231-241.
- [2] E. Portela, A Soler, *Ayer*, **1992**, *7*, 83-105.
- [3] Alma Mater Hispalense, Legislación Histórica *Historia de la Universidad de Sevilla*: <http://bit.ly/2j3KwNz>, visitada el 03/01/2017.
- [4] J. R. Bertomeu, La enseñanza de la química en España entre 1800 y 1936: <http://bit.ly/2hKl76r>, visitada el 03/01/2017.
- [5] I. Pellón, *La recepción de la teoría atómica en la España del siglo XIX*, **1998**, Universidad del País Vasco, Tesis doctoral.
- [6] I. Pellón, *An. Quím.*, **1999**, *97* (4), 47-59.
- [7] Real Decreto de 18 de abril de 1900: <http://bit.ly/2hL0yqv>, visitada el 03/01/2017.
- [8] M. Lora Tamayo, *La investigación química española*, Ed. Alhambra, Madrid, **1981**.
- [9] Ministerio de Educación y Ciencia, Colección Legislativa de España, Tomo LXV, vol 2. Reproducido en *Historia de la Educación en España*, tomo II, **1982**.
- [10] R. E. Fernández Terán, *El profesorado del "Instituto Nacional de Física y Química" ante la Guerra Civil, el proceso de depuración y el drama del exilio*, Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, **2014**.
- [11] A. Moreno, *An. Quím.*, **2004**, *100* (4), 34-40.
- [12] A. Moreno, *An. Quím.*, **2003**, *99* (2), 244-265.
- [13] A. del Campo, *La enseñanza de la Química*, en *Actas del IX Congreso de la Asociación Española para el Progreso de la Ciencia celebrado en Salamanca del 24 al 29 de junio de 1923*, Tomo I. Discursos Inaugurales, 89-107.
- [14] A. Madinaveitia y Tabuyo, *Discurso leído en la solemne inauguración del curso académico de 1927 a 1928*, Madrid: Imprenta Colonial, **1927**.
- [15] E. P. Piñero, *Biografía de Juan Fagés y Virgili*: <http://bit.ly/2hMNZQg>, visitada el 03/01/2017.
- [16] C. Nogareda, *En el centenario del Profesor Moles*, Ediciones Universidad de Salamanca, **1983**.
- [17] JAE Educa, Diccionario de profesores de instituto vinculados a la JAE (1907-1936), *Miguel Catalán Sañudo*: <http://bit.ly/2iypfZ3>, visitada el 03/01/2017.
- [18] Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC; 50 años de investigación en Física y Química en el Edificio Rockefeller de Madrid, 1932-1982, Madrid, **1980**.
- [19] A. Vian Ortuño, *La Física y la Química*, en *La Edad de Plata de la Cultura Española (1898-1936)*, P. Laín Entralgo (coord.), Vol. 2, Espasa Calpe, **1993**, 427-472.
- [20] J. M. Oliva, *An. Quím.*, **2013**, *109* (2), 106-109.
- [21] C. Magallón Portolés, *Asclepio, Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia*, **2007**, *59* (2), 37-62.
- [22] Á. del Campo Francés, F. González de Posada, F. A. González Redondo, J. R. González Redondo, D. Trujillo Jacinto del Castillo, Ángel del Campo Cerdán y Miguel A. Catalán: *Un encuentro afortunado*, en *Actas del II Simposio Ciencia y Técnica en España de 1898 a 1945*, F. González, D. Trujillo, F. A. González (Coord.), Ed. Amigos de la Cultura Científica, Lanzarote, **2002**.
- [23] F. A. González Redondo, R. E. Fernández Terán, *Santiago Ramón y Cajal y la nueva senda de la Química Orgánica en España. En torno a Antonio Madinaveitia*, en *Actas del III Simposio de Ciencia y Técnica en España de 1898 a 1945* F. González, D. Trujillo, F. A. González (coord.), Ed. Amigos de la Cultura Científica, Lanzarote, **2004**.
- [24] F. González de Posada, D. Trujillo Jacinto del Castillo, *Nuevos documentos para la construcción de la historia de la física en España: Arnold Sommerfeld, Blas Cabrera, Ángel del Campo y Miguel Antonio Catalán*, en *Actas del III Simposio de Ciencia y Técnica en España de 1898 a 1945*, F. González, D. Trujillo, F. A. González (coord.), Ed. Amigos de la Cultura Científica, Lanzarote, **2004**.
- [25] J.L. Barona, *Asclepio, Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia*, **2007**, *59* (2), 87-114.
- [26] J. L. Cebollada, *Llull*, **1988**, *11*, 189-214.
- [27] G. Pinto, P. Escudero, M. Martín, *Química e Industria*, **2010**, *592*, 34-39.
- [28] M. L. Foster, *Journal of Chemical Education*, **1934**, *11*, 426-427.
- [29] A. Malet, *Las primeras décadas del CSIC: Investigación y ciencia para el franquismo*, en A. Romero, M. J. Santesmases (eds.), *Un siglo de política científica en España*, Fundación BBVA, Madrid, **2008**, 211-254.
- [30] L. E. Otero Carvajal, *Historia y Comunicación Social*, **2001**, *6*, 149-186.
- [31] A. Presas i Puig, *La inmediata posguerra y la relación científica y técnica con Alemania*, en A. Romero, M. J. Santesmases (eds.), *Un siglo de política científica en España*, Fundación BBVA, Madrid, **2008**, 174-209.
- [32] G. Palo, *Llull*, **1998**, *21*, 725-760.
- [33] K. P. Anderson, *Journal of Chemical Education*, **1962**, *39*, 316-318.
- [34] A. Romero de Pablos, *Políticas e instrumentos: de la Junta de Ampliación para Estudios al Consejo Superior de Investigaciones Científicas*, en A. Romero, M. J. Santesmases (eds.), *Un siglo de política científica en España*, Fundación BBVA, Madrid, **2008**, 108-138.
- [35] J. Bertran, *An. Quím.*, **2011**, *107*, 102-109.
- [36] J. M. Serratos, *Políticas científicas de la democracia en España*, en A. Romero, M. J. Santesmases (eds.), *Un siglo de política científica en España*, Fundación BBVA, Madrid, **2008**, 329-356.
- [37] M. Martín Lomas, *An. Quím.*, **2015**, *111*, 77-82.
- [38] J. Infante Díaz, *Revista de Educación*, **2010**, *351*, 259-282.
- [39] J. M. Hernández, *La paideia universitaria en la fiesta de la ciencia: Lección inaugural de la Universidad de Salamanca del curso académico 2016-2017*.
- [40] G. Pinto, *Journal of Chemical Education*, **2010**, *87*, 1176-1182.