

**Determinación de estructuras cristalinas en España:
Inicios, desarrollo y consolidación (1912-1955)**

Xavier Mañes Beltrán

Trabajo de Investigación dirigido por Xavier Roqué Rodríguez
Programa Interuniversitari de Doctorat d'Història de les Ciències (UAB-UB-UPF)
Centre d'Estudis d'Història de les Ciències (CEHIC)
Universitat Autònoma de Barcelona

ÍNDICE

Introducción	3
1. Nacimiento, desarrollo y consolidación de las investigaciones en DEC (1912-1955)	8
2. Inicio de los estudios en DEC en España (1912-1936)	19
2.1 La ciencia española en su contexto durante las décadas previas a la Guerra Civil	19
<i>Grupos de investigación en DEC en España (1912-1936)</i>	<i>24</i>
2.2 El Laboratorio de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Barcelona	25
2.3 El Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid	33
2.4 La “Sección de Rayos X” del LIF-INFQ de Madrid	40
3. El proceso de consolidación de los estudios en DEC en España (1940-1955)	57
3.1 El franquismo y su política científica en el período autárquico	57
3.2 El impacto de la Guerra Civil en los grupos de investigación en DEC	66
<i>Grupos de investigación en DEC en España (1940-1955)</i>	<i>74</i>
3.3 La “Sección de Rayos X” del Instituto Alonso de Santa Cruz en Madrid	74
3.4 La reanudación de las investigaciones en la Universidad de Barcelona	93
3.5 El Laboratorio de Física en la Universidad de Ciencias de Sevilla	108
3.6 Grado de cohesión de los diferentes grupos e integración en la comunidad internacional	116
Conclusiones	124
Anexo: Fuentes primarias de la investigación	128
Bibliografía	130

Introducción.

El presente trabajo se centra en las investigaciones en determinación de estructuras cristalinas (DEC) realizadas en España, desde su introducción en nuestro país tras sus inicios (1912), hasta 1955, fecha en la que, como veremos, alcanzarían ya un cierto grado de consolidación. Este estudio se enmarca dentro de un proyecto de Tesis Doctoral dedicado a la génesis y el desarrollo histórico en España de la rama de la física que hoy conocemos por física de la materia condensada. Así pues, puede parecer razonable comenzar justificando el por qué de la acotación temática aquí realizada, cuestión que nos obliga, tanto a considerar brevemente la manera en que se conformó la física de la materia condensada, como a presentar las características básicas del surgimiento de los estudios en DEC.

A diferencia de otros campos de la física, la física de la materia condensada no surgió como resultado de un descubrimiento singular, ni tampoco a partir de un problema determinado. Lo que actualmente conocemos bajo dicha denominación incluye una amplia diversidad de estudios, como los relativos a las diferentes propiedades de los sólidos (mecánicas, ópticas, eléctricas, magnéticas...) que, a comienzos de la década de 1920, no presentaban prácticamente ninguna conexión entre ellos. La teoría unificada del estado sólido, que llevaría a diferentes ámbitos de estudio a converger en una única disciplina, encontró sus fundamentos en la mecánica cuántica (1927). Después de unos comienzos marcados por la elaboración de modelos ideales, la década de 1930 se caracterizó por el interés en las propiedades reales de los sólidos. Fueron estos físicos *realistas* los primeros en denominarse a sí mismos como físicos del estado sólido.¹ El proceso a través del cual la nueva disciplina adquirió una identidad propia y bien definida dentro del conjunto de la física no se completaría, a nivel internacional, hasta finales de la década de 1950.² Las investigaciones sobre estructuras cristalinas formarán parte de aquellos estudios acerca de cuerpos sólidos que acabarían

¹ Sólo recientemente la física del estado sólido ha pasado a denominarse física de la materia condensada.

² Estados Unidos fue el país donde se inició este proceso. La Division of Solid-State Physics (1947) de la American Physical Society fue la primera institución dedicada exclusivamente a la nueva disciplina, no empezándose hasta 1956 la edición de una revista con la misma intención, el *Journal of the Physics and Chemistry of Solids*. Para una exposición más amplia del proceso de conformación de la física del estado sólido, v. Weart, S. (1992), "The Solid Community". En: Hoddeson (ed.) (1992), pp. 617-662.

siendo integrados en el nuevo cuerpo de conocimiento, una vez éste establecido.³ Una clara muestra de esto es el hecho de que buena parte de los investigadores que acabarían alcanzando más notoriedad en la física del estado sólido durante las décadas de 1970 y 1980 provenían del área de investigación propia de la DEC. Sin embargo, el encaje de la DEC en la física de la materia condensada no está libre de problemas. El hecho de que las investigaciones aquí tratadas se iniciaran durante la segunda década del siglo XX y de que la aparición en escena de la física del estado sólido fuera muy posterior hace que, en rigor, sea un error referirse a la DEC como una parcela de ésta sin más.⁴

Así, conviene tener presente que la DEC, pese a los impulsos que recibió por parte de numerosos físicos, surgió desde el ámbito de la cristalografía.⁵ Es más, a día de hoy sigue estando todavía en él. En un breve artículo dedicado a aclarar el alcance temático de la cristalografía,⁶ su autora propone clasificar dicha disciplina en cuatro áreas diferenciadas: Cristalografía geométrica, Cristalografía física, Cristalografía química y DEC. En cierto modo, se puede decir que el surgimiento de la DEC inauguró una nueva etapa de la cristalografía, dejando atrás una primera época más clásica en la que ésta había ido de la mano de la mineralogía. De lo expuesto hasta ahora, se deduce que la DEC es un área de conocimiento que se encuentra a caballo entre dos disciplinas, la física y la geología, afirmación que puede hacerse extensiva a la cristalografía misma.⁷ Esta situación, si bien de cara al historiador resulta un problema obvio, es al mismo tiempo interesante al permitir mostrar el desarrollo de una línea de trabajo con unas características interdisciplinarias claras. Para el caso español, aquí estudiado, se revelará dicha interdisciplinariedad y se mostrará el peso de cada disciplina en la evolución de la DEC, así como la nula diferencia en las características de los trabajos producidos pese a la variada formación de los científicos participantes.

Un segundo aspecto a considerar es la delimitación cronológica del estudio, que, a su vez, nos retrotrae al hecho de que el presente trabajo está dedicado a la ciencia

³ Por ejemplo, en su libro dedicado al desarrollo histórico de la física en España de acuerdo con las publicaciones aparecidas en los *Anales de la RSEFQ*, Valera y López (2001) sitúan a las investigaciones en DEC en el centro del apartado “Cristalografía y Física de los Sólidos”.

⁴ Resulta muy sintomático cómo uno de los manuales más conocidos sobre historia de la física no trata de la DEC en el capítulo dedicado a la física del estado sólido. De hecho, se refiere a aquella como “el uso de la difracción de rayos X en cristalografía” (Kragh 1999, 30).

⁵ Inexistentes todavía por aquel entonces las facultades de Geología, el ámbito disciplinar global de la cristalografía no era otro que la Historia Natural.

⁶ Megaw, H. (1990), “The domain of crystallography”. En: Lima-de-Faria, (ed.) (1990), 137-140.

⁷ A día de hoy, la mayoría de los países tienen los Departamentos de las áreas de conocimiento relacionadas con la cristalografía ubicados en las facultades de Física y Química. Precisamente España es uno de los pocos países que, en buena medida, todavía los mantiene en las facultades de Geología.

realizada en España durante el pasado siglo XX.⁸ La historia reciente de España hace que resulte imposible no contemplar nuestra Guerra Civil como un episodio a tener seriamente en cuenta a la hora de elaborar periodicidades en los diferentes estudios de caso. Así, la Guerra Civil cerrará la primera etapa de nuestro trabajo. En cuanto a la acotación de la segunda fase, en la que estas investigaciones adquirirán un grado apreciable de consolidación, diferentes factores aconsejaban obrar de la manera que se ha hecho. En primer lugar, y debido a la fuerte dependencia tecnológica de la DEC, 1955 aparece como un año adecuado, habida cuenta que sobre dicha fecha se produjo un notable viraje en el grado de apertura del franquismo al exterior de España, al mismo tiempo que el régimen mostraría un cambio en su política económica que tendría consecuencias notables en la capacidad para dotar de recursos a los centros de investigación. En segundo lugar, como veremos, en 1955 también se producirían cambios suficientemente relevantes en la composición de los tres grupos de investigación estudiados, como para influir en la valoración de los trabajos por ellos realizados. Obviamente, el peso de la Guerra Civil en la evolución de la DEC en España constituye una de las preguntas centrales a contestar por el presente trabajo. Si bien la magnitud de la contienda conllevó consecuencias a todos los niveles, constataremos cómo la penuria económica y las circunstancias políticas de la posguerra influyeron más negativamente que la propia guerra, en un área de conocimiento en la que los efectos del exilio y las depuraciones políticas, aunque también presentes, fueron menores que en otras áreas.

La perspectiva historiográfica seguida pretende establecer un equilibrio en el tratamiento entre las cuestiones más técnicas y aquellas relativas al funcionamiento de los diferentes grupos de investigación, como el nivel de recursos disponible y las facilidades del contexto para la elaboración de los trabajos. Ahora bien, debido a la enorme importancia de la dotación instrumental para el desarrollo de las investigaciones aquí tratadas, se ha ahondado más en el segundo tipo de cuestiones. El grado de esfuerzo desplegado por las diferentes instancias gubernamentales para aportar el apoyo tecnológico necesario para la realización de los trabajos en DEC ha sido uno de los temas a considerar, así como el papel de la industria en el impulso a unas investigaciones de tan notable interés aplicado que, como veremos, se mostró como muy modesto. Asimismo, el claro retraso español respecto a la vanguardia internacional

⁸ Estudios similares realizados para otras disciplinas nos han servido de modelo. v. Capel (1976); Malet (1995); Santemas (2001).

también invitaba a no centrarnos tanto en las cuestiones más técnicas de los trabajos producidos, y sí a considerar las orientaciones y la metodología de los mismos teniendo en cuenta el desarrollo de los estudios en DEC en el ámbito internacional.

En cuanto a la elaboración del trabajo, es notorio señalar que éste llena un vacío en la bibliografía, al no existir ningún estudio dedicado al tema en cuestión con un mínimo de profundidad. Al no haber antecedentes, el esfuerzo básico del presente trabajo de investigación ha consistido en la recopilación de todo tipo de información que resultara útil para su realización. Aparte de un exhaustivo repaso a las diferentes revistas en las que los científicos aquí estudiados publicaron sus trabajos, se ha conseguido mucha información de las Memorias de los diferentes centros implicados, así como de las Actas de algunas sociedades científicas. También ha sido considerable el esfuerzo por localizar artículos breves dedicados a figuras puntuales, así como notas necrológicas de las mismas, que se han mostrado indispensables para llenar los múltiples vacíos biográficos. Finalmente, las diferentes entrevistas mantenidas con algunos de los protagonistas han permitido acabar de comprender muchos de los detalles, así como obtener documentos manuscritos de enorme interés. De todas maneras, conviene señalar que la práctica totalidad de los documentos aquí recopilados son obra de los propios científicos, es decir, de los mismos protagonistas de la historia que se pretende reconstruir. Las informaciones así obtenidas, no nos ha sido siempre posible contrastarlas a plena satisfacción para nosotros, habida cuenta del insuficiente estado de los archivos dedicados a la ciencia en España, consecuencia del pobre trabajo efectuado hasta ahora en relación con la localización de fuentes en nuestro país.

El presente Trabajo de Investigación, así como el proyecto de Tesis Doctoral dentro del cual se inscribe, forman parte de un Proyecto de Investigación centrado en la historia de la física en España (HUM 2005-02437/HIST Bases para una historia de la física en España, siglo XX) que continúa el trabajo de recuperación de fuentes y de elaboración de entrevistas a científicos iniciado en un Proyecto de Investigación anterior (BHA2000-0434 La cultura material de la ciencia: recuperación y usos historiográficos) (2001-2004), proyectos ambos que ya han generado otros Trabajos de Investigación y Tesis Doctorales en curso.⁹ Del mismo modo, tanto la elaboración de entrevistas a científicos como el esfuerzo dedicado a la localización de todo tipo de material de

⁹ Carles Gámez, “El Grupo Interuniversitario de Física Teórica (GIFT): Génesis y desarrollo histórico (1968-1976)”, septiembre de 2004; Alfons Carpio, “Ciència i política exterior francesa a l’Espanya de Franco: el cas dels físics catalans”, septiembre de 2005; Néstor Herran, *Historia de la radiactividad en España*, en curso.

archivo, se circunscriben, a su vez, dentro de las actividades del Servei d'Arxius de Ciència y de su homólogo a nivel estatal,¹⁰ proyectos ambos impulsados por el Centre d'Estudis d'Història de les Ciències con la pretensión de contribuir a la conservación y la difusión del patrimonio documental de la ciencia y tecnología contemporáneas propias de nuestro ámbito cultural.¹¹ Finalmente, el trabajo se inscribe también en los estudios sobre las relaciones entre centro y periferia en la ciencia europea contemporánea (grupo STEP, Science and Technology in the European Periphery).

Este trabajo consta de tres partes. En el Capítulo 1 se presenta brevemente una relación de los hitos más destacados en las investigaciones en DEC y de sus figuras más preeminentes en el ámbito internacional durante el período considerado, así como del itinerario seguido por las diferentes técnicas instrumentales en el camino de su perfeccionamiento. Dicho resumen se nos antoja como un bagaje previo indispensable para valorar la recepción en España del nuevo campo de estudio, así como los trabajos realizados por los investigadores de nuestro país y el grado de integración de los mismos en la comunidad internacional.

En el Capítulo 2 se explica la recepción en España de las investigaciones en DEC, así como los primeros años de su cultivación y los diferentes grupos existentes. De cara a contextualizar los trabajos producidos, se incluye un apartado sobre el ambiente social y político reinante en España durante las décadas previas a la Guerra Civil y las implicaciones del mismo para el ejercicio de la actividad científica.

En el Capítulo 3 se explica el desarrollo de los trabajos en DEC en España una vez superada la contienda, hasta el año 1955. También se incluye un apartado sobre el contexto político durante el período considerado y las orientaciones del mismo en materia de política científica. Asimismo, se analizan con detalle las consecuencias, si las hubo, que el cambio de régimen político tuvo para cada uno de los integrantes de los grupos de investigación estudiados en el capítulo anterior.

¹⁰ <http://www.uab.es/cehic/serveidarxiusdeciencia/>; <http://www.archivosdeciencia.es/>

¹¹ Para una presentación de las motivaciones para la creación del Servei d'Arxius de Ciència y la situación actual del mismo, v. Roqué (2003).

1. Nacimiento, desarrollo y consolidación de las investigaciones en DEC (1912-1955).¹²

A comienzos del siglo XX tuvo lugar un cambio fundamental en la interpretación microscópica de la estructura de la materia.¹³ Este cambio fue debido al descubrimiento, por el físico Max von Laue, de la difracción de los rayos X por los cristales. Laue fue nombrado profesor de la Universidad de Munich en 1909. En dicho centro se reunía un claustro excepcional: Wilhelm Röntgen, descubridor en 1895 de los rayos X, era el profesor de Física Experimental; Arnold Sommerfeld, que tendría un papel protagonista en la génesis de la mecánica cuántica, enseñaba Física Teórica; Paul von Groth era el profesor de Cristalografía y Mineralogía. El físico Paul Ewald, uno de los ayudantes de Sommerfeld por aquel entonces, expuso a Laue su opinión de que las redes cristalinas podrían estar formadas por planos definidos por átomos según una estructura periódica tridimensional. Esta idea hizo concebir a Laue la hipótesis de que la pequeña distancia entre estos planos atómicos podría ser de un orden de magnitud similar a la hasta entonces desconocida longitud de onda de los rayos X, con lo cual un cristal podría provocar interferencias en los rayos X y dar así lugar a un espectro de difracción, de manera análoga a como las ondas de luz son difractadas por una rejilla óptica. La comprobación experimental fue llevada a cabo por el físico Walter Friedrich y su ayudante Paul Knipping, siendo presentado el descubrimiento el 12 de julio de 1912 en la Academia Bávara de Ciencias. En este primer experimento de difracción, la radiación se hizo incidir sobre un cristal simple estacionario, usándose para la detección una placa fotográfica, en la que los rayos difractados dejaron señalada la huella de su paso en forma de diagramas de puntos (conocidos como lauediagramas).¹⁴

El citado experimento, aparte de desvelar la naturaleza ondulatoria de los rayos X, inauguró una nueva era en el campo de la cristalografía. Hasta entonces, ésta se había

¹² En la redacción de este capítulo no hemos profundizado en las problemáticas, que ciertamente las hubo, alrededor del desarrollo de la tecnología implicada. Del mismo modo, nos hemos limitado a señalar los episodios que se mostraron como los más relevantes en la evolución de las investigaciones en DEC. En consecuencia, la panorámica aquí presentada admitimos que puede pecar de una falta de análisis crítico, así como de una excesiva linealidad en su exposición. Ahora bien, el presente trabajo pretende profundizar en el caso español. Consideramos que un análisis detallado de la evolución de la DEC a nivel internacional nos habría desviado de nuestro principal objetivo, siendo al mismo tiempo necesaria la inclusión de una exposición como la presente, que sirva como telón de fondo para valorar posteriormente el trabajo efectuado en España, así como para introducir al lector en las cuestiones relativas a la DEC.

¹³ Entre los diferentes materiales usados para esta panorámica histórica destacan Brú (1981, 1995); Ewald (ed.) (1962); Font (1989); Lima-de-Faria (ed.) (1990); Hoddeson (ed.) (1992). Un buen manual para los detalles técnicos sigue siendo Buerger (1942).

¹⁴ La secuencia de acontecimientos que llevó al descubrimiento de Laue ha sido objeto de una revisión crítica por parte de Forman (1969).

limitado al estudio de la morfología exterior de los cristales. Así, partiendo de ciertos marcos teóricos, como la teoría de los grupos espaciales, y en base a medidas geométricas mediante goniómetros, se pretendía deducir la manera en que los átomos se ordenaban en las retículas cristalinas a partir del desarrollo de las caras de los cristales.¹⁵ Fue ésta una época en la que la comprobación experimental más verosímil de la homogeneidad y la simetría cristalina se encontraba todavía en la exfoliación. Las observaciones en el microscopio y los resultados del análisis químico completaban las técnicas utilizadas por estos primeros cristalógrafos.¹⁶

Si bien el experimento de Laue demostró que era correcto suponer que los cristales tienen patrones tridimensionales que se repiten periódicamente, aún no se había avanzado suficientemente en el conocimiento del fenómeno de la difracción como para iniciar un análisis de las estructuras cristalinas que revelara la ordenación de los átomos en los cristales. Un año más tarde, la teoría de la difracción cristalina recibió una formulación completa como resultado del trabajo de los físicos británicos William Henry Bragg y William Lawrence Bragg, llevado a cabo entre las universidades de Leeds y Cambridge, donde el padre enseñaba y su hijo estudiaba, respectivamente.¹⁷ La simplificación que representó la ecuación de Bragg, aspecto central de la teoría de difracción de los Bragg, fue uno de los factores decisivos para la rápida utilización de los rayos X en la determinación de estructuras cristalinas. Ya en el mismo 1913 W. L. Bragg resolvió la estructura del cloruro sódico, la primera estructura obtenida. No menos importante para la resolución de estas primeras estructuras fueron las modificaciones introducidas por los Bragg en el instrumental usado. Así, el espectrómetro de los Bragg empleaba una cámara de ionización para la detección de los rayos X difractados y la medida de su intensidad. El nuevo aparato, aunque más lento en su funcionamiento, representaba un claro avance respecto al equipo usado por Laue al determinar con mayor precisión los ángulos y las intensidades de difracción, si bien presentaba todavía serias dificultades experimentales.

¹⁵ La teoría de la estructura de los cristales tuvo su primera formulación seria en Bravais. A (1850), "Mémoire sur les systèmes formés par des points distribués régulièrement sur un plan ou dans l'espace", *J. Ec. Polytech.*, **19**, 1-128; los grupos espaciales serían introducidos en Fedorov, E.S. (1885), "Elements of the study of form" (en ruso), *Verh. Dtsch. Mineral. Ges.*, **21**, 1-278.

¹⁶ Teniendo en mente a estos cristalógrafos clásicos o "cristalógrafos mineralogistas" escribió Buerger (1942) su libro, para el cual redactó un primer Prefacio (no publicado finalmente) en el que se despachaba a gusto sobre sus "azarosos métodos" y los invitaba a subirse al carro de la nueva cristalografía. v. Ewald (ed.) (1962), 552.

¹⁷ Bragg, W.H. y Bragg, W.L. (1913), "The reflection of X-rays by crystals. I", *Proceedings of the Royal Society*, Serie A, **88**, 428-438. Este artículo es considerado como el trabajo fundacional del análisis de cristales mediante rayos X.

En otoño de 1913, la interacción de los cristales con los rayos X sería ya motivo de debate en tres encuentros internacionales sucesivos, el tercero de los cuales fue la Segunda Conferencia Solvay. En 1915, los Bragg fueron galardonados con el Premio Nobel de Física por sus determinaciones de estructuras cristalinas por rayos X. Un año antes, Laue lo había obtenido por su descubrimiento. Estos datos muestran la rapidez con que la comunidad científica internacional reconoció la importancia de la difracción de rayos X por los cristales.

La determinación de estructuras cristalinas en estos primeros años presentaba, no obstante, una seria limitación, pues de acuerdo con el método ideado por los Bragg se necesitaban cristales de un tamaño relativamente grande, lo cual impedía la determinación de la estructura de las sustancias constituidas por pequeñísimos cristales y de la mayoría de materiales de interés práctico, al ser éstos muy difíciles de obtener en forma de cristal único. El método de polvo cristalino, donde el cristal es previamente pulverizado, solucionó este problema. En la Universidad de Göttingen, en 1916, el suizo Paul Scherrer y el holandés Peter Debye demostraron cómo también los cristales en polvo son capaces de producir fenómenos de interferencia bajo los efectos de los rayos X.¹⁸ Además, los diagramas obtenidos por el método de polvo (diagramas Debye-Scherrer) se mostraron, para un gran número de sustancias, como un método más fácil y fiable de determinación. En consecuencia, la mayoría de laboratorios de cristalografía se dotarían, durante los años sucesivos, de cámaras de Debye-Scherrer, combinando su uso con las cámaras Bragg de cristal único.

La Primera Guerra Mundial frenó el desarrollo de los nuevos estudios al interrumpirse la cooperación entre los investigadores de los diferentes países, aparte de priorizar, temporalmente, otros trabajos científicos. Así, para finales de 1919, el número de investigadores inmersos en la determinación de estructuras cristalinas por rayos X era relativamente bajo: 10 en Alemania, 10 en el Reino Unido, 5 en Francia, 5 en los Estados Unidos, 4 en Japón, 2 en Rusia y 5 entre Holanda y los países escandinavos.¹⁹

Tras la guerra, se introdujeron nuevas mejoras en el instrumental científico. Aparte del progresivo perfeccionamiento en la fabricación de los tubos de rayos X para la generación de la radiación, apareció en escena una nueva metodología de difracción. Si bien ya en 1913 Maurice de Broglie se había percatado de los efectos de difracción

¹⁸ La nueva técnica sería descubierta un año más tarde, de manera independiente, por el norteamericano Albert W. Hull.

¹⁹ Ewald (ed.) (1962), 696.

producidos por un cristal en rotación, no fue hasta 1919 cuando los alemanes Ernst Schiebold y H. Seemann, más el búlgaro afincado en Alemania Michael Polanyi, desarrollaron sucesivamente el método del cristal giratorio y su aplicación sistemática a la determinación de estructuras. Como su nombre indica, ahora el cristal sometido a ensayo ya no permanecería fijo, girando alrededor de un eje normal al rayo incidente. La incertidumbre en la determinación de algunas variables por el nuevo método daría paso, a su vez, al desarrollo de metodologías asociadas, como la del cristal oscilante, donde el giro completo de la muestra se cambia por la oscilación en un ángulo pequeño. Sin embargo, los nuevos equipos no se impusieron totalmente hasta la publicación de un artículo del físico británico John Desmond Bernal,²⁰ que popularizó la nueva dirección en DEC proporcionada por los métodos fotográficos de cristal único en movimiento, al ofrecer una simplificación en la interpretación de sus diagramas. Dos años antes del artículo de Bernal había visto la luz una nueva cámara para la detección y la medida de los rayos X, la cámara de Weissenberg, construida por el vienés Karl Weissenberg durante su estancia en el Kaiser Wilhelm Institute für Chemie de Berlín.²¹ En esta cámara, se selecciona mediante un diafragma el cono de haces difractados por un estrato de la red, y se da a la película un movimiento de traslación a lo largo del eje de giro. Ahora, y como consecuencia de la operación de selección efectuada, cada mancha generada por los haces de difracción sobre la película fotográfica representaba un plano cristalográfico. Una vez superados sus iniciales problemas mecánicos, la cámara de Weissenberg se mostraría superior a la cámara de cristal giratorio simple. No obstante, esta última tampoco dejó de utilizarse, al revelarse como muy eficaz para comprobar el centrado de los cristales y para la determinación de los parámetros a lo largo del eje de giro. El uso combinado de ambos tipos de instrumento se tornaría muy común a lo largo de la década de 1930, proporcionando una importante mejora en la precisión de los resultados respecto al espectrómetro de los Bragg, además de representar un retorno a los métodos fotográficos, que se tornarían dominantes en la difracción por rayos X hasta bien entrada la década de 1960.

A lo largo de la década de 1920 y gracias al concurso de los nuevos métodos giratorios, se avanzó en la identificación de la estructura de una diversidad de cristales

²⁰ Bernal, J.D. (1926), "On the interpretation of X-ray single-crystal rotation photographs", *Proceedings of the Royal Society*, Serie A, **113**, 117-160.

²¹ Aunque construida en 1924, no sería hasta 1934 que la técnica para usarla se simplificó suficientemente como para comercializar el aparato.

inorgánicos, al tiempo que se iniciaron las investigaciones sobre cristales orgánicos,²² con unos diagramas más difíciles de interpretar. La elección para su estudio de cristales cada vez más complejos provocaría que, para finales de la década de 1920, la determinación de estructuras cristalinas fuera un proceso muy lento. Si bien las sucesivas mejoras en los aparatos de medida habían conseguido un nivel aceptable en la recopilación del conjunto de datos experimentales suministrados por la difracción, el hecho de que dichos datos experimentales no proporcionasen la totalidad de las incógnitas (del haz difractado sólo se podía medir la intensidad, careciendo de información sobre la fase de la onda difractada) hacía que los estudios sobre diferentes métodos de cálculo cobrasen cada vez más importancia. La primera aportación sería a los métodos de cálculo en DEC fue el uso de las series de Fourier. Los primeros intentos se iniciaron sobre 1925, aunque la nueva metodología no se emplearía sistemáticamente hasta su formulación por parte de W. L. Bragg.²³ La primera aplicación para una proyección bidimensional fue llevada a cabo con éxito por W. H. Zachariasen para la estructura del clorato potásico (1929). La complejidad en los cálculos de las series de Fourier, en una época en la que los medios de cálculo eran todavía muy rudimentarios, hizo que surgieran métodos para abreviar el procedimiento, como la síntesis de A. L. Patterson (1934)²⁴ o el método ideado por los físicos británicos Arnold Beevers y Henry Lipson (las tiras de Beevers-Lipson, en 1936).²⁵ La problemática derivada de tan tediosos cálculos, mucho mayor para las resoluciones tridimensionales, acompañaría los trabajos en DEC durante las tres décadas siguientes. Al tiempo que la resolución de estructuras fue aumentando, se fueron elaborando atlas con los diagramas de las sustancias ya identificadas. La mayoría de los primeros atlas fueron confeccionados por diferentes laboratorios industriales hacia finales de la década de 1930, lo cual es un claro indicador del interés práctico despertado por este tipo de trabajos.²⁶ No en vano, en ellos se trataba de conocer a fondo las propiedades de muchos materiales que luego se emplearían en la técnica.

²² La determinación de la primera estructura orgánica tuvo lugar en 1923, por los norteamericanos Roscoe Dickinson y Albert Raymond.

²³ Bragg, W.L. (1929), "The determination of parameters of crystal structures by means of Fourier series", *Proceedings of the Royal Society, Serie A*, **123**, 537-559.

²⁴ La síntesis de Patterson consiste en escoger como coeficientes en las series de Fourier a los cuadrados de las amplitudes de las ondas difractadas, al ser esos directamente proporcionales a sus intensidades.

²⁵ La simplificación de Beevers y Lipson consistió en reconvertir los cálculos bidimensionales presentes en las sumas de las expresiones trigonométricas, a un conjunto de cálculos unidimensionales. Además, para llevar a cabo las sumas prepararon un juego de tiras de papel con la solución de parte de las operaciones de cálculo involucradas.

²⁶ Hoddeson (ed.) (1992), 56.

La importancia práctica de metales como el cobre, el aluminio y, en particular, del hierro y sus diferentes aleaciones, harían del estudio de estos metales una de las aplicaciones básicas de la difracción por rayos X. Así, durante el período de entreguerras, se construiría un detallado cuerpo de conocimiento acerca de las aleaciones, al mismo tiempo que se determinaron las estructuras de buena parte de los carburos relevantes para la metalurgia férrea. Sin embargo, la conexión con la industria no fue inmediata, pues estos conocimientos no serían completamente adoptados por los metalúrgicos hasta después de la Segunda Guerra Mundial. A partir de entonces, la importancia de las técnicas de difracción por rayos X en las investigaciones metalúrgicas ya sería perfectamente asumida, como por ejemplo en el estudio de las tensiones, la identificación de fases, la medida del tamaño de los granos, el análisis de materiales refractarios o, claro está, la determinación de estructuras de metales.

Por otro lado, nuevas metodologías acompañarían a la difracción por rayos X en la determinación de estructuras. En 1924, Louis de Broglie apuntaba la posibilidad de asociar una longitud de onda a toda partícula que se mueva con una cierta velocidad. Como consecuencia, surgió la idea de que también las partículas podían producir figuras de difracción al acelerarlas sobre cristales, fenómeno que sería confirmado experimentalmente, para los electrones, por los físicos norteamericanos Clinton J. Davisson y Lester H. Germer en los Bell Telephone Laboratories de la firma AT&T (1927).²⁷ Poco tiempo después se iniciaron intentos por desarrollar equipos de difracción de electrones que permitieran la medida de datos cristalográficos de un modo análogo a la difracción de rayos X, mostrándose la nueva técnica especialmente válida para el estudio de muestras fácilmente penetrables, como películas muy finas, placas superficiales, gases y vapores.²⁸ El alemán Raimund Wierl, en los laboratorios de I. G. Farbenindustrie de Ludwigshafen, llevó a cabo en 1931 la primera difracción de electrones por moléculas gaseosas, siendo su técnica rápidamente mejorada por L. O. Brockway en el Gates Chemical Laboratory del California Institute of Technology. Seguidamente, la nueva técnica se aplicaría a la determinación del tamaño de partículas, así como al estudio de compuestos orgánicos de peso molecular elevado, lo mismo que

²⁷ Conviene señalar que los trabajos de Davisson y Germer no fueron iniciados bajo la pretensión de contrastar la predicción de de Broglie, sino como consecuencia de los intereses de AT&T por desarrollar las válvulas termoiónicas de vacío. Las motivaciones industriales que desembocaron en la confirmación de la difracción de electrones han sido expuestas por Russo (1981).

²⁸ La principal ventaja de los rayos electrónicos sobre los rayos X para la determinación de estructuras moleculares de gases y vapores radica en que los tiempos de exposición para la obtención de las fotografías de interferencia es en los primeros de algunas décimas de segundo, mientras que para los rayos X se necesitan muchas horas.

al estudio de los aceites y las grasas. Por su parte, el británico G. I. Finch, en el Imperial College londinense, construyó en 1935 la primera cámara capaz de estudiar con garantías la estructura de partículas delgadas y superficies, así como el crecimiento de cristales. Por la misma época veía la luz el microscopio electrónico, cuyo momento fundacional se considera como 1931, año en que un estudiante de la Technische Hochschule de Berlín, el ingeniero electrónico Ernst Ruska, puso de manifiesto que se podía conseguir una importante amplificación de un objeto sencillo mediante dos lentes magnéticas. Poco después, Ruska organizó el Laboratorio de Óptica Electrónica de la firma Siemens & Halske, donde logró desarrollar el primer microscopio electrónico. No sería hasta 1936 que la compañía Metropolitan Vickers Electrical Company of Manchester logró comercializar el primer aparato, en cuya concepción intervinieron físicos como Rutherford, Geiger, Bohr, Moseley y W. L. Bragg, tan ligados todos a la ciudad de Manchester.²⁹

Por su parte, durante las décadas de 1930 y 1940 se siguieron produciendo nuevas mejoras en los difractómetros de rayos X, si bien ya no se alcanzaría el grado de progreso experimentado durante los años anteriores.³⁰ A los métodos de Schiebold (1931) y de Sauter (1932), cuya aportación original consistió en usar una película plana (no ya cilíndrica) y de giro normal al haz de rayos incidente, les siguió el método de los holandeses del X-Ray Institute de Delft W. F. Jong y J. Bouman (1938).³¹ Una vez perfeccionado, éste frenó la expansión de los dos anteriores al utilizar su idea de colocar la película giratoria plana, si bien paralela al estrato considerado de la red. La sincronización de los movimientos y una elección adecuada de los centros de giro permitían al diagrama ser una imagen levemente distorsionada del referido estrato de la red. No obstante, el método de precesión (ideado por el norteamericano Martin J. Buerger en el Massachusetts Institute of Technology, en 1944) simplificaría aún más el trabajo de interpretación de los diagramas de difracción obtenidos. En este segundo aparato, el movimiento del cristal es análogo al movimiento de precesión de los planetas, mientras que la película fotográfica se coloca sobre un soporte plano y se mueve solidariamente con el cristal, permitiendo obtener placas fotográficas sin

²⁹ Brú (1981), 44.

³⁰ Guinier (1961), 1.

³¹ Debido a diversas complicaciones técnicas, este aparato no se usaría en la determinación sistemática de estructuras cristalinas hasta comienzos de la década de 1940.

distorsión alguna. Las claras ventajas de la cámara de precesión hicieron que se iniciara su producción a gran escala en Estados Unidos, Alemania, Holanda, Suiza y Japón.³²

La Segunda Guerra Mundial trajo consigo el desarrollo de los métodos no fotográficos de medida de las intensidades. Así, la aplicación de los detectores de partículas a los difractómetros tuvo su origen en la evaluación de diferentes maneras de orientar los cristales de cuarzo en los osciladores piezoeléctricos.³³ El contador Geiger demostró ser la mejor opción y, durante la década de 1950, el nuevo tipo de detector sería progresivamente adaptado a los difractómetros de rayos X por firmas como North American Philips. En cuanto al desarrollo de los métodos de cálculo, la década de 1940 conllevó el uso de las fichas perforadas, que permitió aumentar la mecanización de los cálculos. También, por los mismos años se comenzó a extender el uso de máquinas tabuladoras. La Segunda Guerra Mundial se mostró igualmente fecunda en este tipo de avances. Así, como resultado de los trabajos en máquinas de computación, se desarrolló el computador analógico electrónico (XRAC), diseñado y construido por Ray Pepinsky y sus colaboradores de la Universidad de State College en Pensilvania, en 1947. Gracias a estas sensibles mejoras en los métodos de cálculo, durante la década de 1940 se pudo iniciar la elucidación de estructuras en su análisis tridimensional; sin embargo, no sería hasta la introducción de las computadoras digitales que se produciría un salto cualitativo importante en este tipo de trabajos.³⁴

Por otro lado, la década de 1940 vería igualmente una extensión de las técnicas de difracción de rayos X a diferentes áreas de la industria. Además de sus múltiples aplicaciones en metalurgia, la difracción de rayos X fue adquiriendo progresivamente un papel central en muchos laboratorios industriales. Así sucedió en el campo de la química orgánica, con la aplicación de la técnica a la identificación de materiales colorantes, al análisis cuantitativo de compuestos, la determinación de derivados de ácidos grasos o la caracterización de jabones comerciales.³⁵ Igualmente se implantó la técnica en cuestión en la industria textil, para el análisis de fibras textiles tanto naturales

³² Lima-de-Faria (ed.) (1990), 114.

³³ Lima-de-Faria (ed.) (1990), 111.

³⁴ Hasta 1955 no se comenzarían a usar computadoras electrónicas de alta velocidad en EEUU (Lima-de-Faria (ed.) (1990), 116).

³⁵ Una pequeña muestra de los trabajos producidos bajo estos intereses es la siguiente: Rooksby, H.P. (1941), "Application of the x-ray powder method in industrial laboratory problems"; *J. Sci. Instruments*, **18**, nº 5, 84-90; Christ, C.L., Burton, J.C. y Botty, M.C. (1948), "Use of x-ray and electron diffraction as methods of analysis in biochemical chromatography", *Science*, **108**, 91-92; Hattiangli, G.S. (1949), "Characterization of some commercial soaps by x-ray diffraction", *J. Research National Bureau of Standards*, **42**, 331-341; Susich, G. (1950), "Identification of organic dyes by x-ray powder diffraction", *Analytical Chemistry*, **22**, 425-430.

como artificiales.³⁶ Del mismo modo, la industria farmacéutica fue adquiriendo un creciente interés en la nueva técnica, habida cuenta de la información que la DEC por rayos X aportó acerca de cuestiones como la estereoquímica, el empaquetamiento molecular o los enlaces de hidrógeno. La determinación de la estructura de la penicilina (1949) y de la vitamina B12 (1955) demostraron el poder de la técnica cristalográfica.³⁷ La creciente imbricación industrial de la difracción de rayos X conllevaría unas notables ventajas para el ejercicio de los trabajos en DEC, como por ejemplo la rapidez con que se adaptaron programas informáticos para el trabajo cristalográfico, una vez desarrolladas las primeras computadoras.

Respecto a los diferentes países relevantes para el desarrollo de las investigaciones en DEC, queda claro el protagonismo inicial de Alemania y el Reino Unido, aparte del progresivo liderazgo norteamericano. Si bien los alemanes fueron los pioneros del campo de estudio y también los artífices de varias de las mejoras instrumentales más destacadas, el grupo inicial de Munich se disgregó rápidamente, perdiendo su rica interdisciplinariedad. Al lado del menoscabado equipo de P. Groth, la determinación de estructuras cristalinas en Alemania se completaría con el grupo dirigido por el cristalógrafo y mineralogista Friedrich Rinne en el Instituto Mineralógico de Leipzig. Por parte inglesa, mientras que W. L. Bragg se trasladó a la Universidad de Manchester, su padre se incorporó a la University College de Londres y, posteriormente, al laboratorio de la Royal Institution, también en Londres. Ambas ciudades serían, durante bastantes años, las referencias básicas a nivel internacional en resolución de estructuras cristalinas. De hecho, el impulso dado por los Bragg a los estudios en DEC fue tal que pocas resoluciones de mérito se dieron fuera del Reino Unido durante los primeros diez años de los nuevos estudios.³⁸ En cuanto a Estados Unidos, una vez adquirida cierta notoriedad durante las décadas de 1920 y 1930, el posterior desarrollo tecnológico experimentado a raíz de su implicación en la Segunda Guerra Mundial provocaría que ya no perdiera su posición dominante en un tipo de trabajos tan condicionados por la calidad de la instrumentación disponible. Martin J.

³⁶ Astbury, W.T. (1942), "Textile fibers under the x-rays", *Endeavour*, **1**, nº 2, 70-73.

³⁷ Crowfoot, D., Bunn, C.W., Rogers-Low, B.W. y Turner-Jones, A. (1949), "The x-ray crystallographic investigation of the structure of penicillin". En: Clarke, H.T., Johnson, J.R. y Robinson, R. (eds.), *The Chemistry of Penicillin*. (Princeton: Princeton University Press), 310-367; Hodgkin, D.C., Pickworth, J., Robertson, J.H., Trueblood, K.N., Prosen, R.J. y White, J.G. (1955), "The crystal structure of the hexacarboxylic acid derived from B12 and the molecular structure of the vitamin", *Nature*, **176**, 325-328.

³⁸ Hoddeson (ed.) (1992), 54.

Buerger, en el Massachusetts Institute of Technology de Boston, sería la principal referencia norteamericana en DEC.

Constatemos finalmente las dificultades del encaje disciplinar del nuevo ámbito de estudio, ya avanzadas en nuestra Introducción. Desde sus inicios, las investigaciones en DEC se debatieron entre circunscribirse dentro de la física o bien desarrollar un espacio propio partiendo del marco de una cristalografía enraizada en la geología. Esta tensión, alimentada, como hemos podido comprobar, por la participación de no pocos físicos en el perfeccionamiento de las técnicas de difracción de rayos X y por el creciente interés práctico de las nuevas investigaciones, estuvo presente en todo su proceso de conformación. Así, junto con la aparición de las diferentes escuelas, la progresiva institucionalización de las investigaciones en DEC se acompañó de la publicación de diversos manuales,³⁹ tendientes a presentar a la nueva disciplina como una materia con autonomía propia, separada así tanto de la física como de la cristalografía clásica. En 1925 comenzarían a realizarse conferencias y encuentros internacionales específicos para los estudios en DEC.⁴⁰ Éstos también dispondrían de su propia revista, el *Zeitschrift für Kristallographie und Mineralogie*, que había sido fundada por Groth en 1877 y que, a comienzos de la década de 1920, vería eliminada de su título la referencia a la mineralogía, al mismo tiempo que comenzó a aceptar artículos para su publicación en inglés y francés. En 1929, W. H. Bragg organizó un nuevo encuentro de cristalógrafos en Londres, a raíz del cual se intensificó la cooperación entre investigadores de diferentes países. Una consecuencia de esta colaboración a nivel internacional fue la publicación, en 1935, de las primeras Tablas para la determinación de estructuras cristalinas.⁴¹ La Segunda Guerra Mundial trajo consigo serias consecuencias para la organización de la disciplina a nivel internacional, entre ellas el cierre del que había sido hasta entonces su principal órgano de expresión.⁴² Tras la contienda, la creación de una organización internacional dedicada a las nuevas tendencias en cristalografía, siguiendo el ejemplo de Estados Unidos y el Reino

³⁹ Bragg, W.H. y Bragg, W.L. (1915), *X-rays and Crystal Structure* (London: Bell); Ewald, P. (1923), *Kristalle und Röntgenstrahlen* (Berlin: Springer); Wyckoff, R. (1924), *The Structure of Crystals* (New York: Chemical Catalog Co.). v. Hoddeson (ed.) (1992), 664.

⁴⁰ El primero de ellos fue una reunión informal organizada por Ewald en casa de su madre, en Munich.

⁴¹ “International Tables for the Determination of Crystal Structures”, que fueron publicadas en el *Zeitschrift für Kristallographie* bajo la edición de M. Von Laue y W.H. Bragg.

⁴² El *Zeitschrift für Kristallographie* dejó de publicarse en 1944. Aunque retomaría su actividad en 1955, ya nunca recuperaría su anterior estatus.

Unido,⁴³ tuvo lugar con la fundación de la International Union of Crystallography (IUC), en 1947. El primer congreso internacional organizado por la nueva institución tuvo lugar en 1948, año en que también se inició la edición de su órgano de expresión, *Acta Crystallographica*. La fundación de la IUC constituye, además, una inmejorable muestra de la referida tensión entre la física y la cristalografía, pues en su momento la International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP) se mostró reticente a la creación de la nueva institución.⁴⁴ Paralelamente a este proceso de autoafirmación, de nuevo tampoco hay que obviar la influencia que tuvo sobre las investigaciones en DEC la progresiva conformación de la física del estado sólido como una parcela autónoma de la física. Por ejemplo, ya durante el intento por convertir al *Zeitschrift für Kristallographie* en una revista de extensión internacional, sus nuevos editores habían expresado su deseo de que “tuvieran cabida en la misma todos aquellos trabajos encaminados a elucidar el Estado Sólido mediante el estudio del Estado Cristalino”.⁴⁵ También, la creciente atención dispensada por la comunidad internacional de físicos a los estudios sobre estado sólido provocó que diversos de los protagonistas del nuevo ámbito reclamaran ser reconocidos como pertenecientes a una subdisciplina de la física para poder así situarse a la cabeza de las investigaciones en sólidos.⁴⁶ Así, la mayor conferencia dedicada explícitamente al “estado sólido” se llevó a cabo, en 1934, en el contexto de un congreso internacional de física y bajo la presidencia de W. H. Bragg, en unas sesiones fuertemente condicionadas por la elevada presencia de investigadores procedentes del ámbito de la cristalografía.

⁴³ La American Society for X-ray and Electron Diffraction se había creado en 1941, mientras que el X-Ray Analysis Group británico data de 1943.

⁴⁴ Kamminga (1989), 6.

⁴⁵ Hoddeson (ed.) (1992), 627.

⁴⁶ Tal fue el caso de W.L. Bragg y de J.D. Bernal.

2. Inicio de los estudios en DEC en España (1912-1936).

2.1 La ciencia española en su contexto durante las décadas previas a la Guerra Civil.

La época de la denominada “edad de plata” de la ciencia española ha estado glosada extensamente por un gran número de investigadores.⁴⁷ Por este motivo, en lugar de dedicarle un examen exhaustivo, nos limitaremos a resaltar los aspectos más significativos del conjunto de elementos que la hicieron posible, prestando una especial atención a aquellos episodios que se mostrarán más relevantes para el desarrollo de las investigaciones en DEC.

A comienzos del siglo XX, la ciencia española, a excepción del ámbito de las ciencias biomédicas, se encontraba en un estado crítico. Por ejemplo, para el caso de la física, resultan enormemente reveladoras las palabras pronunciadas por un catedrático de física general con motivo del Sexto Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias en una fecha en la que, como enseguida tendremos ocasión de comprobar, ya se habían iniciado los primeros pasos que conducirían a remontar esta situación:⁴⁸

“Podemos asegurar que de todas las ramas de la ciencia es la física aquella en que menos se ha significado en nuestro país el espíritu investigador, hasta el punto de que, hojeando la bibliografía, sea raro, muy raro, encontrar un nombre español unido a estudios originales”.

Del atraso histórico de la ciencia española se tuvo conciencia en nuestro país ya desde el siglo XVIII. En la llamada polémica de la ciencia española no sólo se debatió acerca de la utilidad de la ciencia sino, sobre todo, acerca del papel ejercido por España en la producción de la ciencia misma.⁴⁹ La escasez de recursos públicos, el lento desarrollo económico del país y el anquilosamiento de las estructuras universitarias hacían que no fuera tarea fácil cultivar la investigación científica en España. Como se ha señalado,⁵⁰

⁴⁷ La obra básica de referencia son los diversos capítulos presentes en Sánchez Ron (1999). Asimismo, disponemos de artículos del mismo autor dedicados a episodios parciales, especialmente relacionados con las ciencias físicas. v. Sánchez Ron y Roca Rosell (1993); Sánchez Ron (2002).

⁴⁸ González Martí, I. (1917), “Estado de la enseñanza de la física en las Universidades de España”. *Actas del Sexto Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, Tomo I, 35-57. Citado en Sánchez Ron (ed.) (1988)a, 284.

⁴⁹ Sobre la polémica de la ciencia española, v. López Piñero (1969); García Camarero, E. y E. (eds.) (1970). Asimismo, en Nieto (1999) encontramos una revisión de la misma y de su influencia a la hora de historiar el desarrollo de la ciencia en España.

⁵⁰ Santesmases (2001), 22.

“La construcción de la tradición científica española [en el siglo XX], debido a los atrasos heredados de los períodos previos, resulta inseparable de la construcción de la modernización o de las sucesivas modernizaciones o actualizaciones emprendidas en España”.

El progresivo relanzamiento de la ciencia en España a partir de comienzos del siglo XX se produjo a la par de una renovación de las estructuras educativas y al tiempo que se daban las circunstancias propicias necesarias, como un nivel mínimo de estabilidad económica y política.⁵¹ Dicho renacimiento científico tuvo lugar en el marco del dominio de los discursos regeneracionistas en amplios sectores de la política y de la sociedad española del momento, no sin la oposición de los sectores más reaccionarios del país. Dentro de estos sectores progresistas fue notable la influencia ejercida por la Institución Libre de Enseñanza, organismo que había sido creado en 1877 y al que se sentían vinculados, de un modo u otro, buena parte de los científicos más relevantes de la España del momento.

Para el desarrollo de las ciencias físico-químicas, la Real Sociedad Española de Física y Química (RSEFQ), fundada en 1903, se mostraría como una institución especialmente relevante.⁵² La principal tarea de la Sociedad en sus primeros años de funcionamiento consistió en la publicación de su órgano de expresión, los *Anales de la RSEFQ* (en adelante, *Anales*) que, desde su primer número ya en 1903, se convirtió en el principal vehículo de difusión de los resultados de los físicos y químicos españoles.⁵³ Habida cuenta de que la intención básica de fondo de la Sociedad era la de romper con el aislamiento científico de España, los *Anales* fueron utilizados como vehículo para tal fin. Así, se hizo un esfuerzo, desde el principio, por realizar intercambios entre los *Anales* y las publicaciones extranjeras de carácter similar.⁵⁴ De esta manera, aparte de conseguir que los científicos españoles estuvieran al día de los trabajos realizados fuera de sus fronteras, se avanzaba en la difusión de la ciencia española en el ámbito internacional. La parte central de la revista consistía en los trabajos que previamente se

⁵¹ Si bien la vida política española a lo largo de esta primera etapa no estuvo exenta de incidentes, resulta interesante la referencia de Thomas Glick a la existencia de un discurso civil, esto es, de un acuerdo tácito entre diferentes sectores enfrentados políticamente en beneficio del progreso científico, movimiento que se iría al traste con la eclosión de la Guerra Civil. v. Glick (1994).

⁵² Para una historia de la RSEFQ, v. Valera y López (2001), 55-71.

⁵³ Si bien existían otras publicaciones, como la *Revista de los Progresos de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* de la Academia de Ciencias de Madrid (que en 1905 se transformaría en la *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*), las posibilidades que ofrecían eran muy reducidas. v. Sánchez Ron (ed.) (1988)a, 288.

⁵⁴ Durante el primer año de funcionamiento de la Sociedad, se logró el intercambio con nueve revistas extranjeras. Valera y López (2001), 35.

presentaban en las reuniones ordinarias de la Sociedad, si bien progresivamente se incluyeron resúmenes de los trabajos llevados a cabo en el extranjero. De entre estos resúmenes, es oportuno señalar que para comienzos de la década de 1920 destaca la presencia de una gran cantidad dedicada a aspectos relacionados con los rayos X, como la naturaleza de la radiación, la determinación de estructuras cristalinas por rayos X o la descripción de dispositivos experimentales relacionados con estas investigaciones.⁵⁵

La institución análoga para el conjunto de las ciencias naturales sería la Real Sociedad Española de Historia Natural (RSEHN).⁵⁶ De anterior creación (1871), a lo largo de su historia editó diversas revistas científicas. Para el período considerado, son relevantes el *Boletín de la RSEHN* (que inició su publicación en 1901), las *Memorias de la RSEHN* (1903) y las *Reseñas y conferencias científicas* (1926). Mientras que las dos últimas se publicaron sin una periodicidad definida, el *Boletín* se convertiría en la revista de los trabajos de investigación personal de los socios, aparte de condensar todo lo relativo a la actividad de la Sociedad. Ahora bien, es preciso dejar claro que los artículos de cristalografía compartían su espacio con la gran variedad de ramas englobadas en la por aquel entonces denominada Historia Natural, como la zoología, la botánica, la paleontología, la arqueología y el resto de estudios incluidos hoy en la geología. Así, en las tres revistas mencionadas, los trabajos de geología no supondrían más del 15% del total.⁵⁷ Si además tenemos en cuenta que la cristalografía sólo es un área más de entre las adscritas a la geología, el porcentaje de trabajos destinados a la cristalografía y, más concretamente a la DEC y materias afines, en las publicaciones españolas del ámbito de las ciencias naturales se adivina como bastante minoritario.

Sin ninguna duda, la institución básica de referencia para el conjunto de la ciencia española durante el período considerado fue la Junta de Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE).⁵⁸ Fundada en 1907 bajo el espíritu de la Institución Libre de Enseñanza, personificó el compromiso de los poderes públicos por impulsar el desarrollo español en todos los ámbitos del saber. De entre estos, la ciencia fue uno de los sectores privilegiados. Con una estructura burocrático-administrativa bastante sencilla, la JAE fue capaz de optimizar unos recursos económicos más bien escasos. Dos fueron las estrategias de actuación de la JAE. En primer lugar, el impulso y gestión

⁵⁵ Valera y López (2001), 48.

⁵⁶ Para una historia de la RSEHN, v. Gomis (1998).

⁵⁷ Concretamente, 14,81% para el *Boletín* (1901-1937), 14,60% para las *Memorias* (1903-1935) y 15,79% para las *Reseñas y conferencias científicas* (1926-1936). v. Gomis (1998), 23-27.

⁵⁸ Para la historia de la JAE, v. Laporta et. al. (1987); Moreno y Sánchez Ron (1987); Sánchez Ron (ed.) (1988)b.

de las estancias en el extranjero de profesores y de jóvenes científicos españoles, a través de una política de pensiones que permitiera la toma de contacto con las líneas de investigación punteras extranjeras y con las instituciones científicas más relevantes a nivel internacional. El Decreto Fundacional de la JAE no deja lugar a dudas de la importancia otorgada a esta línea de actuación:⁵⁹

“El pueblo que se aísla se estaciona y descompone. Por eso todos los países civilizados toman parte en ese movimiento de relación científica internacional, incluyendo... a las naciones que parecen apartadas de la vida moderna, como China y aun la misma Turquía, cuya colonia de estudiantes en Alemania es cuatro veces mayor que la española, antepenúltima entre todas las europeas.”

La política de becas de la JAE fue decisiva para el despertar de la ciencia en España. Numerosos investigadores españoles aprovecharon estas ayudas. Así, a modo de ejemplo, en 1910 el físico Manuel Martínez-Risco viajó a Ámsterdam para ampliar sus estudios con Peter Zeeman, del mismo modo que en 1912 Blas Cabrera y Enrique Moles se trasladaron a Zurich para hacer lo propio con Pierre Weiss. Éstos y un largo etcétera de viajes de otros científicos de renombre (Miguel Ángel Catalán, Arturo Duperier, Julio Palacios...) ayudaron a estrechar los contactos con algunos de los centros más importantes de la producción científica mundial, lo cual facilitaría el posterior establecimiento de relaciones de colaboración e información con los mismos. El otro gran cometido de la JAE fue la creación de instituciones científicas que permitieran dar continuidad a la formación adquirida en el extranjero por los pensionados, haciendo así realidad el despegue de la ciencia en España. Dos fueron las grandes instituciones fundadas por la JAE: el Centro de Estudios Históricos y el Instituto Nacional de Ciencias Físico-Naturales, ambas creadas en 1910. De entre los organismos dependientes de esta segunda institución, el Laboratorio de Investigaciones Físicas (LIF), creado en el mismo año y dirigido desde su fundación por el físico Blas Cabrera Felipe, sería el encargado de impulsar la física y la química en España, mientras que al Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN), de creación mucho más anterior, le tocó lo propio para las ciencias naturales.⁶⁰

Sobre la JAE y sus institutos, resulta oportuno apuntar dos cuestiones, como son su relación con las universidades y su marcado carácter centralista. En primer lugar, está justificado atribuir a la JAE la condición de “privilegiada” en relación con las

⁵⁹ Sánchez Ron (1988)a, 293.

⁶⁰ Surgido de la semilla del Real Gabinete de Historia Natural (1771), tras adoptar las denominaciones de Real Museo de Ciencias Naturales (1815) y de Museo de Ciencias Naturales (1868), pasó a denominarse Museo Nacional de Ciencias Naturales en 1913. Para una historia del MNCN, v. Barreiro (1992).

universidades.⁶¹ Si bien la situación económica española no permitió el dotar a la JAE de unos presupuestos realmente importantes desde su creación, no es menos cierto que éstos fueron netamente superiores a los destinados a las universidades y que, además, fueron creciendo a un ritmo elevado, como se deduce de un análisis somero de las *Memorias* de la Junta.⁶² Este trato de favor, junto con el hecho de que algunos profesores repartían su tiempo entre la universidad y la JAE, generó ciertas antipatías por parte de algunos sectores del personal universitario. Así, por ejemplo, un grupo de catedráticos de la Universidad de Madrid solicitó, en 1918, la convocatoria de un claustro extraordinario para que se debatiera si era lícito que un catedrático participara en las actividades de la JAE, saldándose la votación a favor de la JAE por más de un sesenta por ciento.⁶³ Al privilegio económico había que añadir la autonomía concedida a la JAE a la hora de distribuir sus recursos o, lo que viene a ser lo mismo, a la hora de escoger sus líneas de investigación. Respecto al centralismo de la institución, resulta reveladora la contestación de Santiago Ramón y Cajal, Presidente de la JAE, a un telegrama redactado en Barcelona con motivo del Segundo Congreso Universitario Catalán, celebrado en 1918. A la demanda de una mayor voluntad descentralizadora por parte de la JAE, que redundara en un aumento de los recursos destinados a la Universidad de Barcelona, Cajal respondía reconociendo la asimetría en la ubicación de los nuevos centros de investigación en favor de Madrid, bajo el pretexto de un mayor control sobre el funcionamiento de los mismos. Sin embargo, terminaba su réplica manifestando su voluntad de que, tras esa fase inicial, la acción de la JAE se extendería a Cataluña y a las restantes provincias españolas, en la medida de los medios materiales disponibles.⁶⁴ Otro ejemplo referente a la diferencia en el nivel de recursos para ejercer la investigación entre Madrid y provincias queda personificado en la figura de Juan Cabrera Felipe, hermano menor de B. Cabrera. Tras finalizar su licenciatura en Física en Madrid, J. Cabrera llevó a cabo investigaciones de mérito en el LIF, consiguiendo, en 1919, el título de Doctor. Después de ampliar estudios en París junto a Maurice de Broglie en 1922, obtuvo la cátedra de Acústica y Óptica de la Universidad de Zaragoza. En dicha universidad transcurriría el resto de su carrera, no volviendo nunca a alcanzar

⁶¹ Sobre este punto, v. Sánchez Ron (1999), 182-197.

⁶² La dotación de los laboratorios universitarios era francamente pésima, como lo muestran las siguientes palabras de August Trowbridge, Director en Europa de la Sección de Ciencias Físicas de la International Educational Board, con motivo de una visita a Madrid en 1925: “No he visto en mi vida peores condiciones en unos laboratorios de Universidad”, v. Sánchez Ron y Roca Rosell (1993), 138.

⁶³ Sánchez Ron (1988)a, 303.

⁶⁴ La demanda catalana y la respuesta de Cajal se pueden consultar en Sánchez Ron (1999), 197-199.

el nivel investigador mostrado en su primera etapa.⁶⁵ El caso de J. Cabrera no es un hecho aislado, pues sucedió algo muy similar con otros dos físicos, Jerónimo Vecino y Manuel Martínez-Risco. Casos como los descritos han permitido afirmar que las condiciones para la investigación científica en provincias eran, durante esos años, netamente inferiores a las de la capital del Estado.⁶⁶

La labor desarrollada en el LIF a lo largo de sus tres décadas de existencia puede calificarse de meritoria.⁶⁷ De hecho, las investigaciones llevadas a cabo en sus instalaciones obtuvieron el reconocimiento de la JAE, la cual solicitó formalmente la ayuda de la International Educational Board (IEB) de la Fundación Rockefeller para la creación de un nuevo laboratorio de física y química mucho mejor equipado que el existente. El proceso político por el que se llegó a un acuerdo para la construcción del nuevo edificio se prolongaría hasta 1932, inaugurándose finalmente el 6 de febrero del mismo año el Instituto Nacional de Física y Química (INFQ), también bajo la dirección de B. Cabrera, gracias a una contribución de la IEB por valor de 420.000 dólares, a condición de que fuera el Estado español quien se encargara de su mantenimiento.⁶⁸ A la ceremonia de inauguración acudieron algunos de los científicos más destacados del ámbito internacional del momento, como Pierre Weiss (Estrasburgo), Arnold Sommerfeld (Munich) y Paul Scherrer (Zurich), quienes presentaron comunicaciones científicas junto con las de diversos investigadores españoles.

Grupos de investigación en DEC en España (1912-1936).

Entre 1912 y 1936 se publicaron en España cerca de un centenar de trabajos de carácter cristalográfico. Prácticamente todos los trabajos proceden de tres grupos. El primero y más antiguo estaba localizado en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid. En 1922 aparece en Madrid un segundo grupo, bajo una orientación más física que naturalista, ubicado en el LIF y, posteriormente, en el nuevo edificio del INFQ. En la fase final del período, ambos grupos trabajarían en estrecho contacto. El tercero de los grupos desarrolló sus actividades en el Laboratorio de Cristalografía y Mineralogía

⁶⁵ Con la salvedad de la colaboración que mantendría con la Cátedra Cajal. V. más adelante, nota 148.

⁶⁶ Sánchez Ron (1999), 221.

⁶⁷ Resulta altamente significativo que, desde 1910 hasta 1936, casi el 75% de los artículos publicados en los *Anales* fueron debidos a investigadores que desarrollaban su actividad en dicho centro. Valera y López (2001), 79.

⁶⁸ Para un análisis del proceso que llevó a la creación del LIF y del posterior INFQ, v. Sánchez Ron y Roca Rosell (1993).

de la Facultad de Ciencias, en la Universidad de Barcelona. Si bien de una antigüedad un poco posterior al primer grupo, fue en este grupo en el que se manifestó por vez primera el interés por las nuevas orientaciones en cristalografía derivadas del descubrimiento de Laue.

2.2 El Laboratorio de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Barcelona.

Habida cuenta de que dicho grupo de investigación se aglutinó alrededor de la persona de Francisco Pardillo Vaquer (1884-1955), resulta adecuado empezar este apartado introduciéndonos en la biografía de dicho profesor.⁶⁹ Pardillo cursó los estudios de la licenciatura de Ciencias Naturales en las Universidades de Barcelona y Madrid, doctorándose en 1907 con un trabajo dirigido por Lucas Fernández Navarro. Su título sería “El microsterógrafo y su aplicación a la medida de diedros de cristales microscópicos”, circunscribiéndose de lleno en el tipo de trabajos característicos de la cristalografía morfológica de la época. Pardillo reforzó su formación con el estudio de la literatura germánica más relevante de la cristalografía del momento, debido a su perfecto conocimiento del idioma alemán,⁷⁰ e incluso realizó una breve estancia en la Universidad de Heidelberg trabajando junto a Victor Goldschmidt. En 1912 ganó por oposición la Cátedra de Cristalografía y Mineralogía de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Barcelona, en cuyo desempeño pasaría toda su vida científica hasta el momento de su jubilación, en 1954. Su relación con la Universidad de Barcelona traspasó el ámbito meramente docente, pues ostentó los cargos de Vicerrector de la Universidad y el de Decano de la Facultad de Ciencias, este último por espacio de once años y de manera discontinua, pues lo fue por primera vez bajo el gobierno republicano y lo volvería a ser durante el régimen franquista.⁷¹

Recién incorporado a su cátedra en la Universidad de Barcelona, a Pardillo le corresponde el honor de haber sido el primer científico español en manifestarse públicamente sobre las implicaciones del descubrimiento de Laue para el desarrollo de la cristalografía. Pardillo dio a conocer los detalles referentes al hallazgo del físico

⁶⁹ Sobre Pardillo, v. Amorós (1955); Candel (1955); Solans (1989). Asimismo, Roca (1988) constituye un documento de utilidad para una introducción al contexto de la actividad científica en la Cataluña del momento.

⁷⁰ De entre los libros publicados entre 1890 y 1920 que existen en los fondos antiguos de la actual Biblioteca de la Facultad de Geología en la Universidad de Barcelona, encontramos 17 en alemán, 4 en inglés, 2 en español y 1 en francés.

⁷¹ Ver más adelante, nota 245.

alemán en una nota titulada “Descubrimientos recientes sobre la estructura de los cristales” en la que, entre otras cosas, decía:⁷²

“En el Instituto de Física Teórica de la Universidad de Munich se han realizado a principios del corriente año una serie de experimentos de tan gran importancia para la cristalografía, que no puedo sustraerme al deseo de contribuir a divulgarlos, aun entre aquellos que no cultivan esta ciencia, pues son, en último caso, testimonios de las sublimes creaciones de la mente humana que preveen y suplen lo que ni los sentidos ni casi los medios auxiliares de experimentación permiten conocer ... Con estos notabilísimos experimentos se ha encontrado la mejor comprobación de la estructura cristalina de Bravais y sus continuadores ... En este concepto, los rayos Röntgen pueden servir, tal vez, para determinar la red propia de una sustancia cristalina ... La teoría reticular ha prestado a la ciencia, simultáneamente, dos inmensos servicios: el descubrimiento de nuevas e importantes aplicaciones de los rayos Röntgen y dar verídica explicación a la estructura cristalina, demostrando al mismo tiempo que la cristalografía, aunque disciplina joven, camina con la seguridad y tiene el vigor y la energía de las ciencias adultas.”

Pese a ser plenamente consciente de que el futuro de la cristalografía pasaba por la aplicación de los rayos X, habría de transcurrir más de una década hasta que Pardillo lograra empezar a equipar su laboratorio en este sentido. Mientras tanto, las actividades llevadas a cabo en el Laboratorio de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Barcelona, asociado a la cátedra de Pardillo, serían las propias de una cristalografía óptica muy vinculada a la mineralogía, que todavía no había cedido su dominio en el escenario cristalográfico internacional. Las palabras del propio Pardillo, en un documento de 1917, ilustran perfectamente la orientación de los trabajos realizados bajo su dirección, obviamente condicionada por el instrumental disponible:⁷³

“No es troba el laboratori que ens fou encomanat tan fornit de material científic com ho ha de menester i és el nostre desig. És ben sabut que la recerca mineralògica es compon d’operacions de tres menes: geomètriques, físiques i químiques. Els diversos models de goniòmetres executen les primeres; el microscopi polaritzant i *una pila d’altres aparells, l’esment dels quals no és d’aquest lloc*, les segones; les terceres s’acompleixen en el laboratori químic ... El laboratori posat al nostre càrrec, té avui, deixant de banda el taulell químic i nombrosos utensilis i petits aparells, un goniòmetre-refractòmetre de la Societat Ginebrina. *Fent cas de les nostres indicacions, la casa constructora ha introduït una modificació verament profitosa en l’aparell*, permetent a l’objectiu que converteix l’ullera d’observació en microscopi, ésser afegit o tret per simple rotació, sense cap variació de les altres lents, en comptes de fer-ho, com abans, per medi de rosca i després de treure la lent objectiva de dita ullera ... La mateixa casa constructora ens farà remesa dins de poc temps del gran model de microscopi polaritzant universal, d’ajust axial fix i facultatiu, amb platina de

⁷² Pardillo (1913), 336-339.

⁷³ Pardillo (1917), 243-246. La cursiva es nuestra.

Fedorow, compensador de Babinet, micròmetre filar i nombrosos accessoris, permetent, tot plegat, la recerca òptica completa i l'estudi i propagació dels mètodes universals del cristal·lograf rus ...Com per a tota determinació òptica, cal tenir en un laboratori mineralògic aparells que tallin en els cristalls plaques sota angles establerts segons les substàncies. Aquest problema ha estat resolt per Goldschmidt i Tutton; el primer construint un goniòmetre especial de dos cercles i el segon per medi d'un altre goniòmetre diferent. El nostre interès endreçat a l'adquisició del segon, quedà sense fruit per ésser la casa constructura Throughton and Simms, de Londres, al servei de la guerra. Per tal negativa i havent de menester molt un medi d'esmerar i tallar cristalls, remetérem a la Societat Ginebrina el projecte d'un petit aparell que funcionarà com a accessori d'un goniòmetre. Malgrat la senzillesa de l'aparell, ens prega dita casa l'ajornament de la construcció, per trobar-se aclaparada de demandes importantíssimes i manca de personal per mobilització de l'exèrcit suís. Aquests són els medis que avui té el Laboratori de Cristal·lografia i Mineralogia i aquestes les gestions que per a organitzar-ho i perfeccionar-ho han estat fetes ... *Esperem que la Junta de Ciències Naturals pugui donar al Laboratori de Cristal·lografia i Mineralogia els mitjans d'estudi i treball necessaris i que, amb llur tasca, aixequin Espanya de l'endarreriment que pateix en l'ordre cristal·logràfic i mineralògic.*"

A continuació, Pardillo exponía un breve resumen de la revisión realizada sobre algunos minerales de Cataluña, a partir de las referidas condiciones materiales. El párrafo anterior, aparte de mostrar cómo las instalaciones del Laboratorio de Cristalografía y Mineralogía barcelonés estaban pensadas para el desarrollo de trabajos en cristalografía óptica, constata la sensación del atraso instrumental que se padecía, cuestión que queda especialmente patente por la subrayada omisión de las nuevas metodologías físicas emergentes basadas en la difracción por rayos X. Aparte, también señala cómo Pardillo había llevado a cabo iniciativas para introducir mejoras en algunos aparatos, en colaboración con las empresas fabricantes. De esto último, Pardillo ofrecería una prueba más al año siguiente, precisamente en relación con la adquisición del mencionado aparato para tallar cristales. Así, Pardillo ideó un artilugio para cortar y pulir cristales, análogo en su funcionamiento a los de Tutton y Goldschmidt pero de mucho menor coste, que fue construido por la firma barcelonesa J. Ganzer.⁷⁴

A pesar del atraso material reconocido por Pardillo, algo que debe quedar claro es la, a su vez, avanzada postura del investigador catalán respecto a la aplicación de las técnicas cristalográficas para el estudio de los minerales. La siguiente anécdota, aparte de representar un hecho que afectaría notablemente al grupo de investigación barcelonés hasta la muerte de Pardillo, constituye un episodio ejemplar de la diversa percepción de

⁷⁴ Pardillo, F. (1918), "Aparato para dar en los cristales secciones de orientación definida", *Publicaciones de la Sección de Ciencias Naturales*, 7, 13-20.

los métodos cristalográficos entre la comunidad de naturalistas españoles del momento. Nos referimos a la denominada “polémica Pardillo-Hernández Pacheco”.⁷⁵ Todo comenzó en 1916 con la publicación, en el *Boletín de la RSEHN*, de un artículo firmado por Eduardo Hernández Pacheco y su ayudante José Royo Gómez, ambos naturalistas de la Universidad de Ciencias de Madrid. En dicho artículo, entre otras cosas, se describía cierto material como una “nueva forma cristalográfica del yeso”.⁷⁶ Considerando interesante la cuestión, Pardillo, tras solicitar de los autores un ejemplar del material estudiado, publicó una réplica.⁷⁷ Redactada en un tono cortés y refiriéndose a Hernández Pacheco como “amable consocio” y “distinguido y laborioso compañero”, en ella Pardillo explica que, tras medir los ángulos de los ejemplares mediante un goniómetro de aplicación, resulta obligado concluir que el material en cuestión se trata de una forma de calcita. La respuesta de Hernández Pacheco y Royo Gómez se publica el mismo año.⁷⁸ No aceptan las ideas de Pardillo, sostienen la existencia de una ley que relaciona los cristales de yeso que forman el ejemplar y concluyen con el siguiente párrafo:

“Lamentamos que el juicio del catedrático Sr. Pardillo no lleve a nuestro ánimo el convencimiento de la resolución del problema planteado. De todos modos es de muy agradecer el espontáneo interés que dicho profesor tomó para la resolución del enigma que entrañan estos yesos.”

La respuesta de Pardillo aparece al año siguiente.⁷⁹ Con un tono distinto, recuerda a sus colegas que no pueden darse símbolos a unas caras cristalinas sin haber medido los diedros y haber determinado una relación paramétrica. Y, haciendo referencia a la lógica del filósofo católico Jaime Balmes, explica el razonamiento que le hace afirmar que los cristales de calcita han sido el molde donde han crecido los cristales de yeso. La alusión a Balmes no debía hacer ninguna gracia a sus interlocutores, fuertemente influenciados por la Institución Libre de Enseñanza. Hernández Pacheco responde en la sesión del 6 de febrero con una nota de gran dureza:⁸⁰

“Si enviamos los cristales es porque creíamos que iba a acometer el estudio de las leyes que presiden la agrupación de yeso aparentemente irregular... Que los

⁷⁵ Para un análisis detallado de la polémica, v. Solans (1989), 521-524.

⁷⁶ Hernández Pacheco y Royo Gómez (1916). “Mineralogía, Geología y Prehistoria del Cerro de los Ángeles”. *Boletín de la RSEHN*, **16**, 533-569.

⁷⁷ Pardillo, F. (1917). “Sobre el yeso del Cerro de los Ángeles”. *Boletín de la RSEHN*, **17**, 535-537.

⁷⁸ Hernández Pacheco y Royo Gómez (1917). “Acerca del yeso del Cerro de los Ángeles”. *Boletín de la RSEHN*, **17**, 572-574.

⁷⁹ Pardillo, F. (1918). “Algunas consideraciones más sobre el yeso del Cerro de los Ángeles”. *Boletín de la RSEHN*, **18**, 126-130.

⁸⁰ Hernández Pacheco y Royo Gómez (1918). *Boletín de la RSEHN*, **18**, 87-88.

especialistas juzguen si la interpretación del Sr. Pardillo es consecuencia de la falta de claridad de nuestros escritos o de la falta de comprensión del Sr. Pardillo.”

Más naturalistas se sumarían a la polémica. Pedro Ferrando Mas, catedrático de Mineralogía y Botánica de la Universidad de Zaragoza, defendió tímidamente a Pardillo y a las técnicas de goniometría óptica y de cálculo cristalográfico que éste había puesto a punto. Mayor importancia presenta la nota de Lucas Fernández Navarro, catedrático de Cristalografía de la Universidad de Madrid.⁸¹ En ella, ataca el modo de trabajo de Pardillo, critica sus deducciones y propone que la forma inicial correspondería a la glauberita. Afirmaciones como “debemos dar escaso valor a las medidas de los ángulos” debían enojar a Pardillo, quien cerraría la polémica con una última nota.⁸² En ella, tras efectuar un análisis de la precisión de las medidas demostraría, a partir de diversas descripciones goniométricas de cristales de glauberita, que las formas descritas por Fernández Navarro no son usuales en dicho mineral. El resultado final de la polémica fue la ruptura entre Pardillo y sus colegas de la capital. Si entre 1911 y 1919 Pardillo había intervenido de modo activo en la vida de la RSEHN (de la que era miembro desde 1905), con diez publicaciones en el *Boletín* de la misma, a partir de este momento dejará de intervenir y sólo 16 años más tarde enviará un único trabajo para publicar, prefiriendo diferentes revistas locales para la difusión de sus trabajos. El distanciamiento entre Pardillo y los naturalistas de Madrid conllevó que toda eventual posibilidad de colaboración científica entre el grupo de Barcelona y sus homólogos madrileños se tornara muy remota, situación que no cambió hasta el fallecimiento de Pardillo, en 1955.

Como antes hemos señalado, la polémica referida deja también traslucir otra cuestión, como es la del anclaje de la cristalografía en las ciencias naturales del momento. Mientras que Pardillo defiende una postura moderna, basada en la importancia otorgada a los métodos ópticos y geométricos en las determinaciones de minerales, sus contrincantes parecen ser, todavía, herederos de una concepción de la mineralogía reticente a negarle el protagonismo a los métodos cristalográficos basados en el cálculo goniométrico, por considerarlos demasiado dependientes de las matemáticas. Hay que pensar que, tan sólo veinte años antes de la polémica en cuestión,

⁸¹ Fernández Navarro, L. (1918). “Una opinión sobre el yeso del Cerro de los Ángeles”. *Boletín de la RSEHN*, **18**, 260-266.

⁸² Pardillo, F. (1919). “Observaciones a la nota del Sr. Fernández Navarro: una opinión sobre el yeso del Cerro de los Ángeles”. *Boletín de la RSEHN*, **19**, 401-404.

era común entre los científicos españoles el sentimiento de que la mineralogía se había aventurado en una senda peligrosa al utilizar la cristalografía. En este sentido, resultan reveladoras las siguientes palabras de Odón de Buen, uno de los naturalistas españoles más destacados de comienzos del siglo XX:⁸³

“Huyendo de la química, los mineralogistas se dedicaron con preferencia al estudio de la cristalografía... Ha llegado a adquirir en nuestro tiempo la Cristalografía una extensión desmesurada ... La Mineralogía ha caído en manos de los matemáticos. Ya no puede considerarse a la Mineralogía como parte de la Historia Natural.”

El marcado carácter germánico de la formación de Pardillo influyó, seguramente, a que se decantara, ya desde sus inicios investigadores, a favor de los cálculos geométricos en su aplicación al estudio de los minerales; del mismo modo que permitiría entender la prontitud de Pardillo en su valoración de las técnicas de difracción. No obstante, la incorporación de la nueva tecnología al Laboratorio de Cristalografía y Mineralogía se demoró hasta mediados de la década de 1920.⁸⁴ Es este un episodio del que no se conservan memorias oficiales. Sin embargo, en la necrológica de Pardillo que escribió Rafael Candel Vila encontramos un interesante párrafo sobre la instalación del que ha sido considerado “el primer Laboratorio Roentgenográfico montado en España”⁸⁵.⁸⁶

“... a la hora de la verdad, cuando se trató de investigar en campos nuevos, como el de la determinación de estructuras cristalinas con los rayos X, entonces fue precisa toda su ingeniosidad [se refiere a Pardillo] para fabricar los aparatos necesarios con un mínimo de piezas adquiridas en el mercado, donde todavía no se hallaban los difractómetros actuales, ni tampoco había dinero en la Facultad para comprarlos aunque tales aparatos hubieran existido. Así pues, después de hacer él mismo un esquema sinóptico del aparato, la palabra era concedida al cortafríos, al soldador, al serrucho y a la garlopa. Verdaderamente producía asombro -cuando hacía muy poco tiempo algunos de sus colegas todavía daba la clase con birrete y toga- que el Dr. Pardillo, todo un catedrático de universidad, con títulos por nadie superados, se pusiera una blusa de obra y las herramientas con la habilidad de un artesano. Y, a fe mía, que nos hizo aprender a todos ... De tanto en tanto, aparecía por allí el Dr. Isidro Pólit, entonces Profesor Auxiliar y poco después catedrático de Física de la Facultad. Para probar el aparato de rayos X, recuerdo que obtuvieron una radiografía de mi mano derecha. Las planchas de plomo que nos protegían de las radiaciones fueron cortadas a medida por el propio Dr. Pardillo, que nos decía, humorísticamente, que era casi tan blando como la mantequilla”

⁸³ La cita pertenece a *Historia Natural popular* (1896) y está recogida en Solans (1989), 520.

⁸⁴ Para la previa recepción de los rayos X en Cataluña y los primeros intentos por realizar investigaciones experimentales con la nueva radiación en el marco de la física en España, v. Roca (1995).

⁸⁵ Amorós (1955), 80.

⁸⁶ Candel (1955).

Parece que esta primera instalación no fue muy avanzada. De hecho, en un volumen preparado recientemente con motivo del cincuentenario de la Facultad de Geológicas de la Universidad de Barcelona no se menciona dicho equipamiento, señalándose simplemente que el primer difractor de rayos X del Laboratorio de Cristalografía y Mineralogía fue construido sobre 1930.⁸⁷

Según Candel,⁸⁸

“Cuando se comenzó a montar la instalación de rayos X para el estudio de las estructuras, el Dr. Pardillo ya llevaba publicados trabajos muy valiosos de investigación cristalográfica, algunos en colaboración con sus discípulos, entre los cuales me cuento, con gran maestría.”

Es momento, pues, de hacer un esbozo acerca de los trabajos realizados en el Laboratorio de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Barcelona bajo la dirección de Pardillo. La lista de colaboradores de Pardillo durante el período considerado es la siguiente:⁸⁹ Vicente Soriano Garcés,⁹⁰ Frederic Gil Montaner,⁹¹ M. De Naranjo Vega, Josep Maria Font Tullot,⁹² Jaume Marcet Riba⁹³ y Rafael Candel Vila⁹⁴. Todos ellos licenciados en Ciencias, Sección Ciencias Naturales. Tres de ellos llevaron a término su Tesis Doctoral, bajo la dirección de Pardillo.⁹⁵ Como se desprende de los títulos de las mismas, sólo dos de ellas estaban dedicadas a temas de

⁸⁷ La escueta información añade que el instrumento fue construido por CRISA, una empresa local que se dedicaba a la fabricación de aparatos para medicina, bajo el asesoramiento del Prof. Pardillo. *Facultat de Geologia* (ed.) (2003), 135.

⁸⁸ Candel (1955).

⁸⁹ No se realizaron Memorias de las tareas desarrolladas en el Laboratorio de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Barcelona. Hemos reconstruido la presente lista en base a las diversas fuentes existentes (documentos personales, notas necrológicas, artículos...).

⁹⁰ Este sería “el principal ayudante de Pardillo en el montaje de la primera instalación de rayos X”. v. Amorós (1955), 80.

⁹¹ Abandonaría el grupo al conseguir una Cátedra en el Instituto de Castellón. v. Solans (1989), 525.

⁹² Font Tullot se incorporó al grupo en 1932, siendo nombrado, el 21 de enero de 1933, Profesor Auxiliar temporal adscrito a la Cátedra de Cristalografía. El 30 de septiembre de 1935 cesó, al obtener la Cátedra de Historia Natural en el Instituto de Lugo. v. Font Altaba (1995), 102.

⁹³ Si bien colaboró puntualmente con Pardillo, Marcet trabajó principalmente con Maximino San Miguel de la Cámara en estudios de petrografía.

⁹⁴ El caso de Candel es peculiar. Comenzó su carrera investigadora en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid (1921-1928), consiguiendo luego una plaza de profesor en el Instituto de Melilla (1928-1931), no instalándose en Barcelona hasta 1931. Sin embargo, había realizado diversas estancias en Barcelona a mediados de la década de 1920, con motivo de las cuales tuvo ocasión de colaborar ya con Pardillo. En 1936 fue nombrado Profesor Agregado de Mineralogía en la Universidad de Barcelona.

⁹⁵ Candel (1925), “Los cuarzos cristalizados españoles”; Soriano (1926), “La arena circonífera de la ría de Vigo”; Marcet (1927), “Métodos estereográficos de determinación cristalográfica de los minerales de las rocas en preparación microscópica”. Candel, pese a realizar su doctorado en la Universidad de Madrid, reconocería el peso de la dirección de Pardillo en su trabajo. Font Tullot comenzó su estudio sobre la estructura del bórax, pero no lo completaría hasta después de la Guerra Civil. v. Candel (1955).

cristalografía y ninguna todavía al estudio de estructuras cristalinas por rayos X. De hecho, hasta 1934 no se publicó el primer trabajo de un miembro del grupo en la nueva línea de investigación.⁹⁶ De la producción de artículos se desprende que las investigaciones mediante difracción de rayos X se encontraban, todavía, en un estadio incipiente. Así, si tomamos como referencia al propio Pardillo, el autor más prolífico del grupo con diferencia, encontramos que de sus 26 trabajos publicados, sólo 2 hicieron uso de la nueva técnica.⁹⁷ Vale la pena resaltar que de sus restantes 24 trabajos, 17 consistirían en estudios de cristalografía, siendo sólo 7 los de tipo meramente mineralógico.⁹⁸ En cuanto a los medios de difusión, si bien antes de la polémica con Madrid, Pardillo había publicado prácticamente todos sus trabajos en el *Boletín de la RSEHN*, a partir de 1920 los repartió entre las *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, las *Publicaciones de la Sección de Ciencias Naturales de la Universidad de Barcelona* (publicación creada en 1918) y los *Treballs del Museu de Ciències Naturals de Barcelona* (publicación que funcionó durante el período 1919-1937), revistas todas con las que Pardillo mantuvo una clara vinculación personal.⁹⁹ Por otro lado, a Pardillo hay también que reconocerle la labor que hizo en favor de la divulgación de la cristalografía pues, aprovechando su dominio del idioma alemán, realizó diversas traducciones de manuales al español.¹⁰⁰

⁹⁶ Pardillo (1934). “Nueva investigación acerca de la estructura cristalina de la glauberita”. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*. El análisis roentgenográfico se llevó a cabo por el método del cristal oscilante de Schiebold, con una cámara (la única cámara de rayos X del laboratorio barcelonés) construida a imagen y semejanza de la desarrollada por E. Schiebold como modificación de la tradicional cámara de cristal giratorio.

⁹⁷ El segundo de los trabajos fue una continuación de las investigaciones emprendidas en el anterior: “La distribución atómica en la estructura cristalina de la glauberita” (1935), *Boletín de la RSEHN*, y representó la única vez que Pardillo volvió a colaborar en el órgano de expresión de la RSEHN después de la polémica con Hernández Pacheco.

⁹⁸ La referencia de las publicaciones completas de Pardillo se puede consultar en Amorós (1955), 81-83.

⁹⁹ Paralelamente a su labor docente, en 1919 Pardillo ingresó al servicio del Ayuntamiento de Barcelona como Conservador de Geología del Museu Municipal de Ciències Naturals. Miembro de la RACAB, llegaría a ser su Presidente.

¹⁰⁰ No sólo tradujo manuales de Cristalografía. También hizo lo propio con manuales de Zoología y de Ciencias Naturales en general.

El resto de investigadores del grupo publicaron mucho menos que Pardillo.¹⁰¹ Un análisis de los mismos revela el predominio de trabajos centrados en cuestiones de mineralogía, con sólo 6 artículos claramente de tipo cristalográfico y limitados a estudios de tipo óptico. Esta última serie de trabajos, aunque breve, denota claramente la dirección de Pardillo en ellos, por circunscribirse de lleno en la línea de investigación cristalográfica mayoritaria en este último. Este es el principal motivo que ha permitido a ciertos autores referirse a este grupo con la denominación de “escuela de Barcelona”. Así resume Joaquim Solans la labor cristalográfica por ellos desarrollada:¹⁰²

“Los trabajos del grupo de Barcelona presentan unas características comunes. Por tanto, cumplen la condición de formar una escuela científica... Inicialmente son estudios de morfología cristalina, usando la goniometría óptica y presentan un detallado cálculo cristalográfico. Con el tiempo se producirá una evolución, cuya consecuencia será usar, además de la goniometría, otras técnicas, como la difracción de rayos X.”

2.3 El Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid.

¹⁰¹ Por lo difícil de su localización, ofrecemos la relación de las que tenemos conocimiento: Gil, F. y Pardillo, F. (1917), “Pirromorfita de Horcajo (Ciudad Real)”, *Memorias de la RSEHN*; Naranjo, M. (1918), “Estudios sobre los agregados del bórax”, *Publicaciones de la Sección de Ciencias Naturales*, **7**, 21-34; Naranjo, M. y Pardillo, F. (1920), “Investigación cristalográfica del o-nitroso-p-dimetilaminobifenilo”, *Publicaciones de la Sección de Ciencias Naturales*, **9**; Marcet, J. (1924), “Variaciones de las constantes ópticas de algunos minerales petrográficos determinadas por los métodos universales de Fedorov”, *Publicaciones de la Sección de Ciencias Naturales*, **15**, 137-170; Marcet, J. (1924), “Les lleis de macla dels feldespatos de varies roques de Camarena, Bagur, Ferragut i Eivissa, determinables pels mètodes universals de Fedorov”, *Butlletí de l'Institut Català de Història Natural*, **3**, 166-187; Marcet, J. (1925), “El método natural en Petrografía. Rocas eruptivas intrusivas de la serie calco-alcalina”, *Memòries de la RACAB*, **19**, nº10, 243-420; Marcet, J. (1926), “Les dades cristal.logràfiques assolides pels mètodes universals de Fedorov”, *Butlletí de l'Institut Català de Història Natural*, **6**, nº8, 147-150; Marcet, J. (1926), “La determinació cristal.logràfica dels minerals petrogràfics” *Ciència*, nº3, 113-115; Marcet, J. (1928), “Estudio petrográfico de la zona metamórfica de los alrededores de Toledo”, *Memòries de la RACAB*, **20**, nº16, 489-668; Soriano, V. (1928), “Arena circonfèria de Vigo”, *Treballs del Museu de Ciències Naturals de Barcelona*, **9**, nº2; Soriano, V. (1930), “Sobre las corrosiones naturales en el azufre”, *Boletín de la RSEHN*, **30**, 349; Marcet, J. (1930), “Métodos gráficos de investigación de las constantes ópticas de los minerales petrográficos”, *Publicaciones del Instituto Geológico-Topográfico Provincial*, nº4; Marcet, J. (1930), “Las terrazas del N. E. de España”, *Memòries de la RACAB*, **32**, nº7, 129-170; Gil, F. (1930), “Trabajos geodésicos de primer orden en Canarias y Marruecos realizados por el Instituto Geográfico y Catastral”, *Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, **10**, 97-109; Soriano, V. (1931), “Datos para la mineralogía española. Los cristales de estefanita de Hiendelaencina (Guadalajara)”, *Boletín de la RSEHN*, **31**, 49-67; Soriano, V. (1932), “Estudio de algunos minerales de Espluga de Francolí (Tarragona)”, *Treballs del Museu de Ciències Naturals de Barcelona*, **9**, nº3; Marcet, J. (1932), “Antigües platges marines fossilíferes a la costa catalana”, *Treballs del Museu de Ciències Naturals de Barcelona*, **8**, nº2; Soriano, V. (1932), “Sobre la morfología del oligisto de Ojén”, *Boletín de la RSEHN*, **32**, 305-308; Candel, R. (1933), “Hallazgo del piso Aalenense en Muley Rechid (Marruecos oriental español)”, *Boletín de la RSEHN*, **33**, 90; Marcet, J. (1933), “Les formacions paleozoiques dels encontorns del Papiol”, *Memòries de la RACAB*, **23**, nº8; Soriano, V. (1934), “Datos para la mineralogía española. Determinación de unos nódulos feldespatícos hallados entre las escorias volcánicas próximas a Santa Pau (Olot, Gerona)”, *Boletín de la RSEHN*, **34**, 423-431.

¹⁰² Solans (1989), 525.

Como antes comentamos, el grupo aglutinado alrededor de esta institución fue anterior en su existencia al formado por Pardillo en Barcelona. Sin embargo, como ahora veremos, la decidida apuesta por los estudios cristalográficos no apareció en el MNCN hasta mediados de la década de 1920. Además, el estrecho contacto que se establecería entre algunos de sus integrantes y el grupo de investigación ubicado en el LIF-INFQ, que trataremos en el siguiente apartado, hace que resulte conveniente volvernos hacia ellos en este preciso instante.¹⁰³

La figura de Lucas Fernández Navarro (1869-1930) aparece como el embrión del grupo.¹⁰⁴ Catedrático de Cristalografía en la Facultad de Ciencias de Madrid desde 1902, pasaría, en 1911, a desempeñar también, por acumulación, la de Mineralogía Descriptiva. Ostentó sendas cátedras hasta su muerte. Paralelamente, desde 1902 hasta 1920 trabajó en el MNCN como naturalista agregado, pasando en este último año a Jefe de la Sección de Mineralogía. Un análisis de la labor investigadora desempeñada por Fernández Navarro nos muestra que su interés como naturalista comprendió una vasta amplitud de temáticas dentro del ámbito de la geología. Así lo revelan sus trabajos geográficos, petrográficos, estratigráficos, mineralógicos, tectónicos o hidrológicos, entre otros.¹⁰⁵ En cristalografía merece la pena destacar la preparación de varios manuales, como *Cristalografía* (1901), *Cristalografía geométrica elemental* (1915) o *Cristalografía física elemental* (1917).¹⁰⁶ Sin embargo, la proporción de trabajos de investigación en cristalografía llevados a cabo por Fernández Navarro no fue elevada.¹⁰⁷

Fue un discípulo suyo, Gabriel Martín Cardoso (1896-1954), quien consiguió que la cristalografía adquiriera un lugar notorio entre las actividades del MNCN. Todavía más, sería el mismo Martín Cardoso quien introdujo en el grupo el interés por los estudios en DEC mediante la difracción de rayos X. La formación de Martín Cardoso y su iniciación en las nuevas técnicas cristalográficas son un claro ejemplo de la política científica que siguió España para aumentar el nivel investigador del país. Así, siendo Ayudante de Fernández Navarro, Martín Cardoso permaneció, durante el curso 1922-23, en el Instituto Mineralógico de Munich mediante una beca de la JAE. Según

¹⁰³ Las fuentes principales para desarrollar este apartado han sido: Candel (1954); Garrido (1978); Ordóñez (1996); Ordóñez y La Iglesia (1996).

¹⁰⁴ Sobre Fernández Navarro, v. López Piñero et. al. (1983), vol. 1, 333-334; Martín Cardoso (1931).

¹⁰⁵ Martín Cardoso (1931), 10.

¹⁰⁶ Dichos manuales, debido a la escasez de obras dedicadas a la cristalografía en español, constituyeron una referencia básica para todos los cristalógrafos españoles hasta bien entrada la década de 1930.

¹⁰⁷ Si nos fijamos en sus publicaciones en el *Boletín de la RSEHN*, la revista en la que difundió la práctica totalidad de sus trabajos, podemos ver, a modo de ejemplo, que de sus 25 publicaciones durante el período 1912-1920, sólo 3 versan sobre cuestiones de cristalografía.

Candel Vila, que fue alumno de Martín Cardoso durante el curso 1919-20 en las prácticas de Cristalografía en la Facultad de Ciencias de Madrid, la estancia de éste último en Alemania estuvo motivada por una iniciativa del director del centro, Paul von Groth:¹⁰⁸

“Cuando Cardoso apenas llevaba un curso de catedrático en el Instituto de Castellón, el famoso mineralogista alemán Paul von Groth - que, juntamente con el profesor Tenne, había colaborado con nuestro compatriota el profesor don Salvador Calderón, en la redacción de una obra en alemán sobre los minerales de España- escribió al sucesor de este último, nuestro común maestro don Lucas Fernández Navarro, para que le enviara alguno de sus discípulos con el fin de instruirle en el estudio de las pegmatitas, pudiéndosele destinar después a la investigación de los yacimientos españoles. Gracias a la ayuda económica de la Junta para Ampliación de Estudios, concedida por Reales órdenes de 15 de noviembre de 1922 y 12 de noviembre de 1923, Cardoso, propuesto para responder a la invitación del profesor Groth, pudo residir once meses en Alemania. En la Universidad de Munich, bajo la dirección inmediata de tan ilustre especialista, Cardoso inició sus trabajos estudiando las magníficas colecciones sistemáticas y paragénicas que posee el Instituto Mineralógico, deteniéndose particularmente en el conocimiento cristalográfico, topológico y bibliográfico de los constituyentes de las pegmatitas. Siguiendo las instrucciones de Groth y de sus ayudantes, los doctores Mieleitner y Steinmetz, Cardoso se ocupó en el examen microscópico, determinaciones goniométricas y cálculo cristalográfico.”

En consecuencia, a lo largo de ese año Martín Cardoso trabajó sobre cristalografía morfológica y óptica de minerales, dentro todavía de la cristalografía clásica. Sin embargo, la estancia en Alemania le permitió además a Martín Cardoso establecer contacto con el Instituto Mineralógico de Leipzig, donde conoció de primera mano los estudios de estructuras cristalinas por rayos X dirigidos por Friedrich Rinne. En estos términos se referiría pocos años después Martín Cardoso al investigador alemán:¹⁰⁹

“Uno de los méritos mayores del eminente profesor ha sido fomentar los estudios cristalográficos modernos. Reconoció en seguida la importancia de los métodos roentgenográficos en cristalografía y procuró por todos los medios impulsar las investigaciones. Dotó al Instituto de los elementos necesarios y comenzó un período de brillante labor, durante el cual se publicaron numerosos trabajos sobre la estructura de los cristales que dieron fama mundial al Instituto Mineralógico de Leipzig.”

Tras una breve estancia en España, en 1924 Martín Cardoso volvió a Alemania, incorporándose ahora ya directamente al grupo de Leipzig. En este segundo viaje aprendió el uso de los difractómetros de rayos X por los métodos de cristal giratorio y

¹⁰⁸ Candel (1954), 8.

¹⁰⁹ Martín Cardoso (1933).

de Debye-Scherrer, así como las técnicas de interpretación de los correspondientes diagramas, iniciando a continuación trabajos experimentales sobre la estructura del mineral epsomita. En 1926 publicó una memoria de los resultados obtenidos en la prestigiosa revista *Zeitschrift für Kristallographie*.¹¹⁰ La posibilidad de utilizar los medios de la institución alemana permitió así a Martín Cardoso convertirse en el primer investigador español en determinar la estructura de un mineral por medio de los rayos X. Al año siguiente, Martín Cardoso consiguió una nueva estancia en Leipzig para proseguir sus estudios. Esta vez, el Ministerio de Instrucción Pública se limitó a concederle la “consideración de pensionado”, pues sus gastos corrieron a expensas de la Fundación Humboldt y de las subvenciones que el profesor Rinne consiguió del Kalisyndikat. Totalmente incorporado a la vida científica alemana, participó en los Congresos de la Sociedad Mineralógica Alemana de Breslau (1927) y Darmstadt (1929), donde presentó un trabajo en colaboración con el profesor E. Schiebold.¹¹¹ En 1929, a causa del débil estado de salud de Fernández Navarro, Martín Cardoso regresa a España para hacerse cargo de la docencia de Mineralogía en el MNCN, donde programa, en el año académico 1930-31, el curso “Aplicación de los rayos X a los estudios mineralógicos”. Dicho curso tuvo mucha importancia en el impulso dado a las investigaciones en DEC. Fruto de él, se realizaron trabajos prácticos sobre la determinación de la estructura de dos minerales, la glauberita y la teurelita. Estos trabajos fueron llevados a cabo por el mismo Martín Cardoso, en colaboración con dos de los asistentes al curso, los también naturalistas Julio Garrido Mareca y Joaquín García de la Cueva.¹¹²

Mientras tanto, en 1930 habría completado Martín Cardoso su Tesis Doctoral, que es de hecho una memoria de las investigaciones realizadas en Alemania sobre la estructura de la epsomita.¹¹³ En ella, después de una larga introducción sobre la interpretación de los diagramas de difracción, describe Martín Cardoso la metodología experimental realizada (método de cristal giratorio modificado por Schiebold) y el instrumental usado, incluyendo también los detalles relativos a la talla de los cristales.

¹¹⁰ “Feinbauliche Untersuchungen am Epsomit”, *Zeitschrift für Kristallographie*, **LXIII**, 19-33.

¹¹¹ “Die Struktur des Stauroliths und seine Verswilligungen”, *Fortechrte der Mineralogie*, t. **XIV**, 1-2.

¹¹² Martín Cardoso, G. y Garrido, J. (1931), “Sobre la estructura de la teurelita”, *Boletín de la RSEHN*, **XXXI**, 379-396; Martín Cardoso, G., Garrido, J. y García de la Cueva, J. (1931), “El grupo estereocristalino de la glauberita”, *Boletín de la RSEHN*, **XXXI**, 547-552.

¹¹³ Martín Cardoso, G. (1930), “Los modernos métodos roentgenográficos aplicados a la determinación de la estructura cristalina de la epsomita”, *Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Serie Geológica*, nº37.

En 1932 Martín Cardoso consiguió la cátedra de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad Central, vacante desde el fallecimiento de Fernández Navarro, siendo nombrado casi al mismo tiempo Jefe de la sección de Mineralogía del MNCN. Comienza entonces una etapa nueva en la vida científica de Martín Cardoso. Tras volcarse en la renovación de las colecciones mineralógicas del Museo, llevó adelante, mediante innumerables excursiones acompañado por el personal del Museo, una intensa campaña de prospección de yacimientos y de recolección de minerales destinados a engrosar los gabinetes de Ciencias Naturales de los Institutos de segunda enseñanza. Si bien siguió al corriente de la evolución de las técnicas de difracción por rayos X, llegando a ser recibido por el mismísimo W. L. Bragg en una breve visita realizada a la Universidad de Manchester en 1937, sus artículos de investigación ya no versaron sobre DEC, ni tan siquiera sobre cuestiones de cristalografía.¹¹⁴ Si hasta 1932 los estudios de cristalografía habían constituido el núcleo de sus investigaciones (15 de sus 21 artículos), los 3 únicos trabajos que la carga docente le permitió llevar a cabo hasta el estallido de la Guerra Civil tienen que ver con cuestiones generales del ámbito de la mineralogía. Al mismo tiempo que Martín Cardoso se volvió hacia sus nuevas tareas docentes y organizativas, el incipiente grupo de investigación en DEC localizado en el MNCN se disolvió.

No sólo fue esto debido al cambio en la prioridad de las actividades en la persona de Martín Cardoso, sino, sobre todo, a causa de las insuficientes instalaciones del Museo. De hecho, hay que señalar que los trabajos experimentales de los mencionados artículos llevados a cabo con motivo del curso “Aplicación de los rayos X a los estudios mineralógicos” no se realizaron en las instalaciones del MNCN,¹¹⁵ sino en el LIF, institución en la que, bajo la supervisión de Julio Palacios, se daría el impulso material a las nuevas técnicas de investigación en Madrid. Los dos colaboradores de Martín Cardoso, los mencionados Garrido y García de la Cueva, se incorporaron por aquel entonces a este segundo centro, alcanzando el primero de ellos rápidamente cierta notoriedad en las investigaciones en DEC. Si bien más adelante daremos cuenta de su

¹¹⁴ De hecho, no volvió a publicar ningún trabajo de esta índole hasta poco antes de su muerte, con una pequeña colaboración: Martín Cardoso, G. y Asensio Amor, I. (1954), “Estudio roentgenográfico de los minerales derivados por alteración de la cordierita”, *Boletín de la RSEHN*, **XLIV**, 445-451.

¹¹⁵ Como veremos más adelante, dicha institución no dispondría de un difractor de rayos X hasta una fecha tan tardía como 1954, poco antes de la muerte de Martín Cardoso. *Actas* de la Real Sociedad Española de Historia Natural, sesión del 3 de marzo de 1954.

evolución, es oportuno referir ahora brevemente sus inicios como investigador, al personificar inmejorablemente el tránsito de un centro al otro.¹¹⁶

Julio Garrido Mareca (1911-1982), se matriculó en Ciencias (Sección de Ciencias Naturales) en la Universidad Central de Madrid en 1928. Consciente de que el estudio de la cristalografía, materia a la que ya en el Bachillerato había decidido dedicarse, precisaba de más conocimientos que los proporcionados por su licenciatura, Garrido decidió cursar también asignaturas de física, química y matemáticas en otras facultades. Si bien hasta 1932 no completaría la carrera, Garrido comenzó a publicar trabajos de cristalografía en una fecha tan temprana como 1929,¹¹⁷ dato sólo explicable por su temprana vocación, aparte de unas condiciones privilegiadas para la investigación. Estos primeros artículos versaron todavía sobre cuestiones de morfología cristalina. Su iniciación en los estudios de cristales por rayos X tuvo lugar en el mencionado curso de Martín Cardoso en el MNCN.¹¹⁸ Fue por aquellos días cuando sucedió un hecho curioso que merece la pena ser relatado, referido, además, por el otro protagonista de la anécdota, Julio Palacios:¹¹⁹

“La investigación científica en España estaba entonces [1931] reducida a los contados centros creados por la JAE y, en uno de ellos, en el llamado Laboratorio de Investigaciones Físicas, era donde realizábamos nuestros experimentos. Por la novedad del asunto [se refiere a los estudios de DEC], teníamos la impresión de constituir el único grupo en España de iniciados en la nueva rama de la Física y, por eso, quedé verdaderamente asombrado cuando, a raíz de publicar uno de nuestros primeros trabajos,¹²⁰ apareció en los *Anales* una crítica certera del mismo,¹²¹ firmada por Julio Garrido, nombre que era desconocido para todos nosotros. Supe que era un aventajado alumno de nuestra Sección de Ciencias Naturales, que llevado por su curiosidad había emprendido por sí solo el estudio de los métodos cristalográficos. Era un autodidacta, que daba muestras de poder llegar a ser sagaz investigador. Le invité a que trabajara con nosotros, y ello me ha proporcionado una de las mayores satisfacciones de

¹¹⁶ También Martín Cardoso colaboró con Palacios en el LIF, aunque en las *Memorias de la JAE* no hay constancia de las actividades por él desarrolladas. Lo único que figura en éstas es la siguiente nota: “recientemente fue agregado el profesor Cardoso, que estudia la estructura cristalina de diversos minerales españoles” *Memoria JAE* 1928-29 y 1929-30, 197.

¹¹⁷ Garrido, J. y Valdeavellano, C. (1929), “Notas sobre algunos cristales de arsenopirita españoles”, *Memorias de la RSEHN*, **15**, 625-634; Garrido, J. (1929), “Notas sobre algunas formas cristalinas de vanadinita de Santa Marta (Badajoz)”, *Boletín de la RSEHN*, **29**, 405-407; Garrido, J. (1930), “Estudio cristalográfico de la baritocelstina de Cerro Molina (Jaén)”, *Boletín de la RSEHN*, **30**, 93-100.

¹¹⁸ Aparte de los dos artículos ya mencionados (nota 112), tenemos constancia de una tercera publicación como fruto del Curso en cuestión: Garrido, J. (1930), “Determinación gráfica de la distancia reticular de los planos reflectantes de un espectrograma de Schiebold”, *Boletín de la RSEHN*, **30**, 399-410.

¹¹⁹ Prólogo a Garrido y Orland (1946), VII-VIII.

¹²⁰ Palacios, J. y Salvia, R. (1931), “Estructura cristalina de la argentita y de la acantita”, *Anales*, **29**, 269-279.

¹²¹ Garrido, J. (1931), “Sobre las relaciones estructurales entre la argentita y la acantita”, *Anales*, **29**, 505-513. Apareció cuatro meses después de la contribución de Palacios y Salvia.

mi vida profesional, pues mi joven colaborador ha logrado una brillante carrera científica.”

Entre quedarse en el Museo con laboratorios poco dotados, o entrar en un instituto que le permitía investigar en cristalografía con la tecnología adecuada, Garrido no lo dudó: se fue con Palacios, no habiendo terminado tan siquiera la licenciatura.¹²²

De la nota anterior de Palacios destaca, aparte de la omisión a la labor desempeñada por Pardillo en Barcelona, la sensación de la no adscripción de Garrido a ningún equipo de investigación. Esta última cuestión suscita la impresión de que, en rigor, resulta difícil referirse a un grupo activo en DEC en el MNCN. Habida cuenta de la juventud de Garrido y García de la Cueva, así como de su corta colaboración con los trabajos del Museo, puede afirmarse que Martín Cardoso fue quien aglutinó, prácticamente en su totalidad, los trabajos en DEC en el MNCN.¹²³ Sin entrar a discutir a fondo los diferentes artículos publicados por Martín Cardoso durante esta etapa,¹²⁴ nos limitaremos a constatar que de sus 15 trabajos en cristalografía, nada menos que 13 están dedicados a la DEC y a materias directamente relacionadas, estando éstos concentrados en el período 1926-31, correspondiente en su mayoría a sus años de estancia en Alemania.¹²⁵ Aparte de quedar bien reflejado el interés de Martín Cardoso por las investigaciones en DEC, el análisis bibliométrico de sus artículos permite, a su vez, reforzar el comentado recelo acerca de la existencia de un grupo dedicado a la DEC en el Museo. Así, de sus 13 trabajos en DEC, 7 se publicaron en revistas alemanas. De los 6 restantes, sólo 4 contienen trabajo experimental, siendo los otros 2 reportes de nuevas técnicas usadas en el extranjero.¹²⁶ Es pues, razonable, suponer que Martín Cardoso realizó la práctica totalidad de sus investigaciones en DEC en Alemania, donde

¹²² Pese a producir artículos desde el grupo de Palacios ya en 1931, Garrido todavía firmaría 3 trabajos más como miembro del MNCN: Garrido, J. y Díaz, F. (1931), “Una formación aluminosa reciente”, *Boletín de la RSEHN*, **31**, 231-233; Garrido, J. (1932), “Sobre una galena de facies cuadrática”, *Boletín de la RSEHN*, **32**, 137-145; Garrido, J. (1934), “Notas sobre Mineralogía española. Cerusitas cristalizadas”; *Boletín de la RSEHN*, **34**, 301. No extraña que fueran estos unos trabajos bastante alejados, como enseguida tendremos ocasión de comprobar, de la labor desempeñada en el grupo de Palacios, que denotan la formación naturalista de Garrido.

¹²³ Los demás colaboradores de Martín Cardoso y Fernández Navarro en el MNCN, como Celso Arévalo o Castro Barea, se ocuparon de temas de hidrobiología y mineralogía, respectivamente. En cuanto a Rafael Candel Vila, colaborador eventual (v. nota 94), los trabajos cristalográficos que llevó a cabo en el MNCN se limitaron al estudio morfológico de minerales.

¹²⁴ La totalidad de las publicaciones de Martín Cardoso (incluidas reseñas, biografías y trabajos de divulgación) pueden consultarse en Candel (1954), 16-19.

¹²⁵ Sin ánimo de restar méritos a la labor investigadora de Martín Cardoso, en algunos de estos trabajos se aprecia cierta duplicidad, como por ejemplo entre las publicaciones en alemán y en español.

¹²⁶ No hemos contemplado aquí los artículos meramente divulgadores o biográficos, a los que Martín Cardoso prestó especial atención.

aprovecharía buena parte del trabajo allí realizado en sus publicaciones españolas (como en el caso de su Tesis Doctoral), aparte de su probado uso de las nuevas instalaciones del LIF. Desde este punto de vista, si partimos de la base que para defender la existencia de un grupo de investigación en DEC parece indispensable que éste esté dotado con un mínimo equipamiento instrumental para llevar a cabo sus estudios, tenemos que concluir que esto no parece que quede precisamente probado para el MNCN de acuerdo con los trabajos de su principal firmante.

Más que como organizador de un grupo investigador, la figura de Martín Cardoso en relación con los trabajos en DEC se nos aparece como importante en tanto que pionero en este tipo de estudios, fruto en buena parte de sus relaciones con la comunidad germana de cristalógrafos, y también en tanto que catalizador de investigaciones y formador de investigadores, debido a su notorio afán divulgador. Es hora ya de comentar extensamente la mencionada labor de Julio Palacios en el seno del LIF, donde sí que se formó un grupo de investigación en DEC en toda regla.

2.4 La “Sección de Rayos X” del LIF-INFQ de Madrid.

El tercer y último equipo español que trabajó en DEC durante este primer período, adquirió una relevancia netamente superior a los hasta ahora considerados. Si bien es de justicia señalar la importancia de F. Pardillo y G. Martín Cardoso en la introducción de las nuevas técnicas en España, el grupo que a continuación analizaremos, vertebrado alrededor de la persona de Julio Palacios, constituyó un antes y un después en las investigaciones en DEC en España. El número de trabajos publicados y las características de los mismos así lo atestiguan. Luis Brú, que sería uno de los principales protagonistas de estos estudios durante el período posterior a la Guerra Civil, valoraría de la siguiente manera la aportación de las tres figuras mencionadas:¹²⁷

“... al Profesor Pardillo, en Barcelona, ya le había preocupado el tema [se refiere a la DEC], y también al joven Profesor Martín Cardoso de la entonces Universidad Central. Ahora bien, es con D. Julio [Palacios] cuando adquiere carta de naturaleza en España la línea de investigación en el tema mencionado”.

¹²⁷ Brú (1982)a, 90. De todos modos, habremos de ponderar dicha afirmación en su justa medida, habida cuenta de que Brú se formó como investigador bajo la tutela de Palacios.

Julio Palacios Martínez (1891-1970) fue uno de los físicos españoles más importantes del pasado siglo XX.¹²⁸ Tras doctorarse en Ciencias Físicas en Madrid,¹²⁹ se trasladó a Leiden con una pensión de la JAE para estudiar el comportamiento de gases a bajas temperaturas, bajo la dirección de Heike Kamerlingh Onnes. A su regreso a España, se incorporó al LIF donde realizó diversos trabajos, destacando, entre otros, su colaboración con Blas Cabrera en las investigaciones de éste sobre las sustancias diamagnéticas y paramagnéticas.

En 1922 se creó en el LIF la “Sección de Rayos X”, que sería dirigida desde el primer momento por Palacios. La motivación para la creación de dicha Sección fue doble, debiéndose a:¹³⁰

“la enorme importancia adquirida recientemente por este género de trabajos y la necesidad de completar, mediante el análisis de la estructura cristalina, la investigación magnética llevada a cabo por el señor Cabrera en las tierras raras.”

Una de las primeras medidas adoptadas por Palacios para incentivar el interés por el tipo de estudios de la nueva Sección fue la organización de una serie de conferencias, dictadas por él mismo en el LIF durante el año académico de 1924-25 y correspondientes al curso de información “Los espectros de los rayos X, la constitución de los átomos y la estructura de los cristales”, impartido por el mismo Palacios.¹³¹ Respecto a la instalación de los aparatos necesarios para llevar adelante el trabajo experimental, Candel da cuenta del comienzo del montaje del laboratorio roentgenológico de la Sección:¹³²

“Aproximadamente por entonces, hacia 1925, el Dr. Palacios procedía a la construcción de *una instalación parecida* en los sótanos del Palacio del Hipódromo, en Madrid, pero contaba con la ayuda del Laboratorio de

¹²⁸ Sobre Palacios, v. Aguilar (1981); Calleya de Palacios (1985); González de Posada (1993); López Piñero et. al. (1983), vol. 2, 141-142; Villena (1985); así como la sesión necrológica celebrada en su memoria (*Revista Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid*, **44** (1970), 649-690).

¹²⁹ *Determinación de las constantes ópticas de los medios birrefringentes* (1914). Tesis Doctoral dirigida por B. Cabrera. Madrid: Imprenta La Enseñanza.

¹³⁰ *Memoria JAE 1922-23 y 1923-24*, 178.

¹³¹ Algunas de estas conferencias se publicarían: “Los espectros de los rayos Röntgen, la constitución de los átomos y la estructura de los cristales. I.” (1924). *Anales*, **22** (Rev), 171-179 (también: 1926, *Laboratorio de Investigaciones Físicas. Memorias de Información*. nº8, 3-11); “Los espectros de los rayos Röntgen, la constitución de los átomos y la estructura de los cristales. II.” (1925). *Anales*, **23** (Rev), 5-21 (también: 1926, *Laboratorio de Investigaciones Físicas. Memorias de Información*. nº8, 13-29); “Los espectros de los rayos Röntgen, la constitución de los átomos y la estructura de los cristales. III.” (1925). *Anales*, **23** (Rev), 31-42 (también: 1926, *Laboratorio de Investigaciones Físicas. Memorias de Información*. nº8, 31-42).

¹³² Candel (1955). La cursiva es nuestra.

Automática del famoso ingeniero Don Leonardo Torres Quevedo y con personal mecánico especializado.¹³³”

La cita en cuestión es, de hecho, la continuación del párrafo referido en la nota 86, relativo a la creación del laboratorio roentgenológico de Pardillo. La proximidad en la construcción de ambas instalaciones hace que no resulte nada clara la atribución de Amorós a Barcelona como sede del primer laboratorio de rayos X para el estudio de la DEC en España.¹³⁴ Lo que sí que parece fuera de toda duda es que la primera instalación de rayos X del LIF, al igual que el primer equipo instalado por Pardillo en Barcelona, no destacó, a pesar del esfuerzo de los técnicos del Laboratorio de Automática, por sus elevadas prestaciones. La limitación de los medios con que se contaba, aparte de las comprensibles complicaciones que el empezar toda nueva línea de investigación conlleva, permite entender el por qué durante sus primeros seis años de funcionamiento, la “Sección de Rayos X” del LIF solamente consiguió producir dos artículos.¹³⁵ Felisa Martín Bravo (Ciencias Físicas), E. de Rafael, S. J., I. Navarro y el mismo Rafael Candel Vila (éste de forma esporádica, pues principalmente repartió su tiempo entre el MNCN y el grupo de Barcelona) fueron los jóvenes investigadores que acompañaron durante esos primeros años a un Palacios que además debería atender a sus nuevas tareas académicas.¹³⁶

¹³³ El Laboratorio de Automática se creó en 1907 bajo la denominación de Laboratorio de Mecánica Aplicada (cambiando de nombre en 1911), con la intención de fomentar “el estudio y la construcción de máquinas y aparatos científicos para diversas aplicaciones industriales, para la fabricación de aparatos para la enseñanza y otros, de suerte que no sea necesario acudir al extranjero para construir o modificar los aparatos de laboratorio para las ciencias especiales” (R.O. publicada en *La Gaceta* el 5 de marzo de 1907). A partir de 1910 se ubicaría en los Altos del Hipódromo del Palacio de la Industria y las Bellas Artes, junto a las instalaciones del LIF, pasando a denominarse Laboratorio de Mecánica Industrial y Automática en 1926. v. Moreno, Romero y Redrajo (1996), 4-6.

¹³⁴ Máxime cuando en las *Memorias de la JAE* se puede leer lo siguiente: “Se encuentran ya en camino los aparatos necesarios para montar una instalación de espectrometría de rayos X; pero, entre tanto, y con objeto de adquirir la práctica necesaria para su manejo, se ha construido una instalación provisional utilizando una gran bobina con interruptor Rotax y un primitivo espectrómetro de Bragg, que ya existían en el Laboratorio”, *Memoria JAE* 1922-23 y 1923-24, 178. De hecho, no faltan tampoco testimonios que reivindicquen la primería de Palacios y Madrid: Garrido (1978), 15. Para la atribución de Amorós, v. nota 85.

¹³⁵ Martín Bravo, F. (1926), “Determinación de la estructura cristalina del óxido de níquel, del óxido de cobalto y del sulfuro de plomo”, *Anales*, **24**, 611-646; Palacios, J. (1927), “Sobre la estructura cristalina de la tetraedrita”, *Anales*, **25**, 246-251. Precisamente, en el primero de ellos se hace referencia a la pobre dotación instrumental de la instalación inicial: “Los primeros ensayos fueron áridos y lentos; el Laboratorio no contaba con un aparato completo y moderno de espectrografía de rayos X y esta falta la suplimos con una instalación rudimentaria, con desperfectos continuos, pero con la que, a fuerza de introducir modificaciones, conseguimos algunos resultados.”

¹³⁶ En 1926, Palacios ganó la cátedra de Termología de la Universidad de Madrid. López Piñero et. al. (1983), 141. Para la lista de colaboradores, v. *Memoria JAE* 1922-23 y 1923-24, 178; *Memoria JAE* 1924-25 y 1925-26, 242.

Aunque la primitiva instalación vio sensiblemente mejoradas sus posibilidades con la adquisición de un espectrógrafo para rayos X,¹³⁷ no fue hasta 1928 cuando se produjo un cambio de rumbo importante en la evolución de la Sección. En primer lugar, la institución Rockefeller se haría eco del esfuerzo desplegado en el seno de la misma por trabajar en una línea puntera de investigación, pese a los insuficientes medios disponibles:¹³⁸

“Los resultados obtenidos con los escasos medios con los que hasta la fecha contaba el Laboratorio para el estudio de los rayos Roentgen y de la estructura de los cristales, han sido de tal modo apreciados por la institución Rockefeller, que ha concedido al Laboratorio una importante suma, con la que se ha adquirido e instalado un “Stabilivolt” de la casa Gaiffe, capaz de producir una tensión de 250.000 voltios.”

Si bien, según el mismo Palacios, la adquisición de este aparato representaba contar ya con “una magnífica instalación de rayos Roentgen”,¹³⁹ el impulso definitivo a las investigaciones en DEC tuvo lugar con la decisión de la JAE de dedicar la primera Cátedra Cajal a estos estudios.

La Cátedra Cajal fue una sustanciosa donación creada por la Institución Cultural Española de Buenos Aires para rendir homenaje a Santiago Ramón y Cajal con motivo de su jubilación. Para permitir la formación en España de grupos de investigación especializados se acordó, en un principio, dedicar la Cátedra durante ciclos de tres años consecutivos al estudio de un determinado capítulo científico.¹⁴⁰ La motivación para la creación de la Cátedra, así como los detalles acerca de su financiación, el régimen de funcionamiento de la misma y las contrapartidas exigidas al gobierno español, habían sido expresados por la institución argentina en los siguientes términos:¹⁴¹

“Deseando la Institución Cultural Española de Buenos Aires que España entre resueltamente por el camino de la investigación científica ...SE PROPONE CREAR EN ESPAÑA UNA CÁTEDRA DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS, QUE SERÁ DESEMPEÑADA POR UN SABIO EXTRANJERO, AL QUE SE UNIRÁN COMO COLABORADORES

¹³⁷ Dicho aparato, de la casa Hilger, permitió la finalización con éxito de los dos trabajos referidos. En el artículo de Martín Bravo se detallan minuciosamente las características técnicas del mismo (pp. 615-618).

¹³⁸ *Memoria JAE 1926-27 y 1927-28*, 184.

¹³⁹ No en vano, costó 24.000 ptas. *Boletín de la Universidad de Madrid*, núm. 3, 292 (1929).

¹⁴⁰ *Memoria JAE 1926-27 y 1927-28*, 184. Ampliada luego a dos años más, la Cátedra se destinó a los estudios de rayos X desde el curso 1928-29 a 1932-33.

¹⁴¹ Documento firmado por el Presidente y el Secretario de la Institución Cultural Española de Buenos Aires, bajo el título “Cátedra Santiago Ramón y Cajal para Investigaciones Científicas: Homenaje de la colectividad española de la República Argentina” y con fecha 1 de Diciembre de 1922. *Archivo de la Secretaría de la JAE (1907-1939)*, Ref. 154-31. Residencia de Estudiantes. La mayúscula es del original. Hasta donde nosotros sabemos, este documento, junto a otros de los depositados en la Residencia de Estudiantes, no han estado recogidos en ninguna publicación a día de hoy.

PROFESORES ESPAÑOLES DE LA MÁS ALTA CATEGORÍA ESPECIALIZADOS EN LA MATERIA DE QUE SE TRATE. Esta Cátedra se llamaría: CÁTEDRA DE INVESTIGACIONES RAMÓN Y CAJAL.- Su sostenimiento estará a cargo de la colectividad española de la República Argentina, la que para el efecto arbitraría los recursos necesarios.- La Institución Cultural Española deja librado al criterio de la Junta para Ampliación de Estudios el fijar en cada caso el monto de las cantidades que han de pagarse al profesor extranjero y auxiliares españoles ... La dirección científica de la Cátedra, su régimen y vigilancia (la elección y nombramiento de los profesores, sean españoles o extranjeros; la elección de los becados, número, pruebas de competencia y dedicación) será confiada, en España, a la Junta para Ampliación de Estudios u otra institución de carácter similar, si aquella dejara de existir ... La Cátedra sería de tema libre, pudiendo tratarse en ella todas las ciencias o puntos determinados de cada ciencia.- La sede de la Cátedra debe ser de preferencia MADRID, pero puede ser cualquier otra Ciudad Universitaria con tal de que cuente con los medios materiales necesarios para su perfecto funcionamiento ... La Institución Cultural Española solicita de España, por intermedio de la Junta para Ampliación de Estudios, local y laboratorios para su Cátedra.”

Al año siguiente, la referida línea de actuación quedaba reflejada en los Estatutos de la Cátedra.¹⁴² Sin embargo, todavía transcurrirían cinco años más hasta que el proyecto se materializara. La elección del tema de investigación y la de los correspondientes profesores, que como hemos visto se dejó al libre arbitrio de la JAE, no se resolvió rápidamente. Así, la cátedra fue ofrecida a diferentes investigadores, sin que ninguno se decidiera a hacerse cargo de la misma.¹⁴³ Finalmente, sería Palacios quien aceptaría la responsabilidad de ser el primer regente de la Cátedra Cajal, aprovechando así los recursos de la misma para potenciar las investigaciones de la sección del LIF por él dirigida. En un documento de gran interés acerca de la labor realizada en la Cátedra durante su primer año de funcionamiento, la elección de la temática se justificaría en los siguientes términos:¹⁴⁴

“El asunto elegido es un problema de actualidad cuyas soluciones influirán en otros muy importantes de la Física y de la Química contemporánea. Se tuvo además en cuenta que, para abordarlo, había ya un grupo de investigadores preparados y se disponía, gracias a la generosidad de la Fundación Rockefeller, de una magnífica instalación de rayos Roentgen.”

¹⁴² “Cátedra Cajal: Estatutos de la Institución Cultural Española”, aprobados el 9 de abril de 1923. *Archivo de la Secretaría de la JAE (1907-1939)*, Ref. 154-31. Residencia de Estudiantes.

¹⁴³ Brú (1991), 178.

¹⁴⁴ Carta de Ramón Menéndez Pidal a Federico Iribarren, 29 de octubre de 1929. *Archivo de la Secretaría de la JAE (1907-1939)*, Ref. 154-31. Residencia de Estudiantes. Menéndez Pidal formó parte de la Comisión Ejecutiva de la JAE, siendo Iribarren miembro de la Institución Cultural Española de Buenos Aires. El enorme interés de este documento para recordar las actividades acaecidas en el seno de la Cátedra Cajal hará que nos remitamos a él en más de una vez.

El profesor extranjero escogido para liderar el proyecto fue Paul Scherrer: ¹⁴⁵

“... tras laboriosas gestiones y dificultades, la Junta ha conseguido el consentimiento del eminente Profesor Scherrer, de la Escuela Politécnica de Zurich, para hacer, en unión del Profesor de la Universidad de Madrid D. Julio Palacios, trabajos de laboratorio sobre la estructura de los átomos mediante los rayos Roentgen.”

Scherrer diseñó un ordenado programa de trabajos prácticos a desarrollar en el LIF: ¹⁴⁶

“1º. Instalación en el LIF de una instalación roentgenográfica que pueda considerarse como modelo entre las de su especie. 2º. Investigaciones acerca de la estructura de los átomos mediante los rayos Roentgen. 3º. Resolución de problemas químico-cristalográficos (estructura de la argentita y acantita, óxido de tierras raras, y de minerales españoles). 4º. Algunos problemas de interés técnico, por ejemplo, estructura de la fibra de seda artificial, aleaciones, azúcares, etc. 5º. Aplicaciones de los rayos Roentgen al estudio de las disoluciones coloidales.”

El anuncio oficial del primer curso de la Cátedra Cajal apareció en *La Gaceta* el 5 de noviembre de 1928. El interés que suscitó el anuncio del novedoso programa de investigación y la pretensión de trabajar con un grupo reducido hizo que se realizara una selección entre los aspirantes, escogiéndose a los diez siguientes: ¹⁴⁷

Juan Cabrera Felipe, físico y Catedrático de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza; ¹⁴⁸ Rafael Salvia Fernández, físico y Profesor Auxiliar de la Facultad de Ciencias de Madrid; los Licenciados en Ciencias Físicas Luis Brú Villaseca y Pilar Álvarez-Ude Aguirre; los Licenciados en Ciencias Químicas Antonio Sosa García, Manuel Calvo Morales, Clemente Zapata Zapata y Carlos Nogareda Domenech; los Tenientes de Artillería de la Armada José M^a Otero Navascués y Javier de Echanove Guzmán.

Resulta destacable la nula presencia de Licenciados en Ciencias Naturales en esta primera promoción. Sin embargo, dicha situación varió con la agregación a la Cátedra

¹⁴⁵ Carta del Vicepresidente de la JAE al Ministro de Instrucción Pública y Bellas Artes, 22 de octubre de 1928. *Archivo de la Secretaría de la JAE (1907-1939)*, Ref. 154-31. Residencia de Estudiantes.

¹⁴⁶ *Memoria JAE 1926-27 y 1927-28*, 184-185.

¹⁴⁷ Carta de Ramón Menéndez Pidal a Federico Iribarren, 29 de octubre de 1929. *Archivo de la Secretaría de la JAE (1907-1939)*, Ref. 154-31. Residencia de Estudiantes.

¹⁴⁸ J. Cabrera ya había sido pensionado por la JAE en 1922 para realizar estudios sobre rayos X en París, junto a Maurice de Broglie (v. Carta de solicitud dirigida al Presidente de la JAE, 10 de noviembre de 1928. *Archivo de la Secretaría de la JAE (1907-1939)*, Ref. 154-31. Residencia de Estudiantes). Para incorporarse a la Cátedra Cajal obtuvo una autorización especial del Gobierno (v. Carta del Vicepresidente de la JAE al Ministro de Instrucción Pública y Bellas Artes, 30 de noviembre de 1928. *Archivo de la Secretaría de la JAE (1907-1939)*, Ref. 154-31. Residencia de Estudiantes).

de Martín Cardoso,¹⁴⁹ momento a partir del cual el grupo de trabajo ubicado en el MNCN estableció un creciente contacto con el de la Cátedra Cajal. A lo largo de los años en que funcionó la Cátedra, fueron diversos los jóvenes investigadores que colaboraron en ella. Sin embargo, aparte de la lista mencionada, la única relación del personal adscrito de que tenemos constancia corresponde al último año de la Cátedra:¹⁵⁰ *Sección de Rayos Roentgen*, dirigida por Julio Palacios Martínez (físico), con la colaboración de Rafael Salvia Fernández (físico).- *Becarios*: Luis Brú Villaseca (físico), Julio Garrido Mareca (naturalista) y José Antonio Barasoain Odériz (físico).- *Colaboradores*: José Losada, Luis Rivoir Álvarez (químico), Jorge Doetsch Sudheim (ingeniero de minas), Antonio Espurz Sánchez (físico), Octavio R. Foz Gazulla (químico), Ernesto Enrique Galloni (físico), Joaquín García de la Cueva (naturalista), José Manuel González Barredo (químico), L. Pancorbo, José Ramón Peran González, F. Raith, José María Ríos García (ingeniero de minas), Antonio Rubio y Piedad de la Cierva Viudes (química). También tenemos constancia de la colaboración de Antonio Ara Blesa (químico), el francés de origen ruso K. Kurylenko (físico) y la argentina Cecilia Mossin Kotin (física).¹⁵¹

De todos ellos, los únicos que recibían algún tipo de emolumento en cargo a los presupuestos de la Cátedra eran Palacios, Salvia y los tres becarios.¹⁵² El interés por la labor desarrollada hizo que algunos jóvenes investigadores extranjeros se unieran al grupo. El más destacado de ellos fue el argentino Ernesto Galloni,¹⁵³ quien al volver a su país crearía una notable escuela de cristalografía en Buenos Aires.¹⁵⁴

Como ya hemos indicado, por iniciativa de la Institución Cultural Española, el modo de funcionamiento de la Cátedra exigía que la planificación y dirección de los trabajos estuviera a cargo de un reconocido profesor extranjero.¹⁵⁵ Teniendo en cuenta que por aquel entonces Scherrer ostentaba el cargo de Director del Instituto Politécnico de Zurich, es comprensible que dicho profesor no pudiera encargarse de la Cátedra más

¹⁴⁹ La incorporación de Cardoso se señala en la *Memoria JAE* 1928-29 y 1929-30, 197.

¹⁵⁰ *Memoria JAE* 1933-34, 263. El insuficiente listado de apellidos y nombres de pila, así como la formación de los investigadores, ha sido completado en base a documentos varios y a las entrevistas realizadas.

¹⁵¹ Garrido (1978), 16.

¹⁵² *Memoria JAE* 1933-34, 556.

¹⁵³ La incorporación de Galloni a la Cátedra fue fruto de una condición impuesta por Enrique Gaviola. Dicho profesor argentino, tras doctorarse en Alemania, fue invitado a pronunciar una conferencia en España, aceptando el encargo a cambio de la concesión de una beca por parte del Gobierno español a su pupilo. <http://www.ancefn.org.ar/institucional/presidentes/galloni.htm> (consultado el 8/7/05).

¹⁵⁴ Brú (1982)a, 92

¹⁵⁵ Es interesante recalcar este punto, por contraponerse a la línea seguida por la JAE para aumentar el nivel científico español, basada en el envío al extranjero de pensionados españoles.

que por un año (y de manera discontinua). Así, diferentes investigadores extranjeros recalaron en Madrid, por espacios de tiempo diversos, para ayudar a Palacios en la iniciación de los discípulos de éste en el manejo de las nuevas técnicas en DEC.¹⁵⁶ Los siguientes profesores en hacerse cargo de la Cátedra fueron el francés Jean Thibaud (del laboratorio parisino dirigido por Maurice de Broglie) y el sueco Axel Lindh (asistente de Manne Siegbahn en la Universidad de Física de Uppsala). El primero repitió en el laboratorio del LIF sus experimentos sobre la estructura de los ácidos grasos y de la difracción de los rayos X en los líquidos. El segundo instruyó acerca del manejo del espectrógrafo de gran precisión de Siegbahn. Ambos, al igual que Scherrer, complementaron sus clases prácticas con la realización de diversas conferencias.¹⁵⁷ Posteriormente realizaron sendas estancias los profesores Raimund Wierl y J. Hengstenberg, ambos procedentes de los laboratorios de I. G. Farbenindustrie en Ludwigshafen. Estos investigadores centraron sus enseñanzas en la divulgación de las técnicas de difracción de electrones. Si bien el primero sólo permaneció en Madrid durante dos semanas, Hengstenberg prolongó su estancia por espacio de seis meses, realizando diversos trabajos de investigación junto con los colaboradores de la Cátedra.¹⁵⁸ Los últimos profesores extranjeros en visitar la Cátedra Cajal fueron los británicos W.L. Bragg y Joseph West, de Manchester. De nuevo las estancias tuvieron características bien diferenciadas. Mientras que Bragg sólo estuvo dos semanas,¹⁵⁹ West permaneció seis meses y aprovechó para explicar los métodos de intensidad absoluta y su aplicación a la DEC.¹⁶⁰

A pesar de los frutos conseguidos gracias a las referidas estancias,¹⁶¹ para el cuarto año de Cátedra se había llegado a la conclusión desde la JAE que ya era hora de poner en práctica con los jóvenes investigadores la política de pensiones en el extranjero, tan

¹⁵⁶ Es de destacar el esfuerzo que hizo Palacios por facilitar el aprovechamiento de las enseñanzas de los profesores extranjeros por parte de sus discípulos. Así, desarrolló un curso teórico-práctico para preparar a sus alumnos ante la llegada de Scherrer, e incluso llegó a impartirles clases de alemán (hasta seis horas semanales) para que pudieran tener acceso a la bibliografía especializada. *Memoria JAE* 1928-29 y 1929-30, 195; Brú (1982)a, 91.

¹⁵⁷ *Memoria JAE* 1928-29 y 1929-30, 196. Un resumen de la serie de conferencias dictadas por Scherrer se publicó en el *Boletín de la Universidad de Madrid*, núm. 3, 292-307 (1929).

¹⁵⁸ *Memoria JAE* 1931-32, 170-171.

¹⁵⁹ En su corta estancia, W.L. Bragg pronunció una conferencia sobre el microscopio de rayos X en la Sociedad Española de Física y Química, que fue publicada en los *Anales*: "The X-ray microscope" (1933), *Anales*, **31**, 399-400.

¹⁶⁰ *Memoria JAE* 1933-34, 266.

¹⁶¹ Como veremos más adelante, la productividad de los integrantes de la Cátedra Cajal puede catalogarse de meritoria. Además, hay que añadir que no fueron pocos los trabajos firmados en colaboración con algunos de los citados investigadores extranjeros.

característica de la institución. Sin embargo, dichos planes fueron aplazados debido a una petición formal de los mismos interesados:¹⁶²

“Terminando en el presente año la primera época de los cursos dedicados a la especialidad de rayos X, y teniendo entendido que la consignación del curso próximo se dedica a becas en el extranjero, [los que suscriben, alumnos de la Cátedra Cajal] han acordado por unanimidad someter al superior criterio de V.E. las siguientes consideraciones: Las actuales circunstancias de crisis mundial son causa de que haya sufrido grave disminución la actividad científica de muchos centros de investigación extranjeros, particularmente en Alemania ... Por otra parte, instalados ya los laboratorios de rayos X con arreglo a las más modernas exigencias en el nuevo Instituto Nacional de Física y Química,¹⁶³ se han facilitado sobremanera estos trabajos ... Además, se han adquirido numerosos y costosos aparatos, muchos de los cuales se hallan ya en funcionamiento, pero otros están en camino y no entrarán en pleno rendimiento hasta los últimos meses del curso actual. Estas circunstancias hacen que, a nuestro juicio, resulte conveniente alterar por esta vez las normas que rigen la Cátedra Cajal, y por ello solicitamos que la consignación del próximo curso no sea totalmente dedicada a becas en el extranjero, sino que se autorice a los Sres. Cabrera y Palacios para organizar un nuevo curso en el Instituto Nacional de Física y Química en la misma forma que los anteriores.”

La petición fue atendida, pudiendo los interesados aprovechar las pensiones en los años sucesivos.¹⁶⁴

Una vez mostrado el régimen de funcionamiento de la Cátedra Cajal, resulta inevitable plantearse cómo logró la JAE que científicos de tanto renombre accedieran a pasar temporadas tan largas trabajando en los laboratorios del LIF. Es obvio que los suculentos emolumentos fueron una razón a tener en cuenta.¹⁶⁵ Sin embargo, más allá de eso, para Sánchez Ron el presente episodio representa un claro indicador de que

“en la década de 1920 ya existía en el Laboratorio de Física de la JAE la suficiente infraestructura material y humana como para ‘importar’, temporalmente al menos, científicos extranjeros de prestigio.”¹⁶⁶

Conviene matizar dicha afirmación, pues podría ésta contribuir a ofrecer una imagen un tanto engañosa del nivel de implantación de la física y las ciencias afines en la España

¹⁶² Carta de los alumnos de la Cátedra Cajal al Presidente de la JAE, 21 de enero de 1932. *Archivo de la Secretaría de la JAE (1907-1939)*, Ref. 154-31. Residencia de Estudiantes.

¹⁶³ El nuevo edificio se inauguró el 6 de febrero de 1932.

¹⁶⁴ Por ejemplo, Brú solicitaría una pensión para ir a Berlín el 28 de enero de 1934; Garrido para Leningrado el 30 de enero de 1935; de la Cierva para Viena el 6 de febrero de 1935. A todos ellos les fue concedida. *Archivo de la Secretaría de la JAE (1907-1939)*, Ref. 23-500, 66-408 y 36-513. Residencia de Estudiantes.

¹⁶⁵ El salario de Scherrer fue de 3.000 ptas/mes, mientras que el de Palacios era de 150 ptas/mes. Carta de Ramón Menéndez Pidal a Federico Iribarren, 29 de octubre de 1929. *Archivo de la Secretaría de la JAE (1907-1939)*, Ref. 154-31. Residencia de Estudiantes.

¹⁶⁶ Sánchez Ron (1988)a, 298.

del momento. Para el caso que nos ocupa, ya hemos visto como la labor desarrollada en la “Sección de rayos X” del LIF hasta 1928, aun no pudiéndose catalogar de espectacular, permitió la formación de un reducido núcleo de investigadores iniciados en la que sería la temática objeto de la Cátedra Cajal. Ahora bien, en cuanto a la existencia de unas instalaciones suficientemente competentes para realizar trabajos en DEC a un nivel aceptable, parece obligado dejar claro el indispensable concurso de instituciones ajenas a los organismos oficiales españoles para montar un laboratorio que resultara atractivo para tan distinguidos profesores. Habiendo referido ya la primera donación por parte de la Fundación Rockefeller, resulta oportuno ponderar la relevancia de la aportación de la Institución Cultural Española, así como mostrar con cierto detalle cómo se usaron dichos fondos.

De acuerdo con los Resúmenes de Cuentas anuales recogidos en las *Memorias de la JAE*, la suma de las diferentes cantidades abonadas por la institución argentina ascendió a un total de 117.075,60 ptas.¹⁶⁷ Dicho importe comprende los cinco años durante los que la Cátedra Cajal estuvo en funcionamiento, lo que supone una inversión promedio de 23.415,12 ptas por cada uno de los cursos. La importancia de la inyección económica de la Institución Cultural Española se hace evidente si comparamos dicha cantidad con el presupuesto destinado por la JAE al conjunto del LIF. Así, durante los años en que se decidió el montante del desembolso económico a realizar, el presupuesto anual del LIF era, aproximadamente, del orden del doble de la citada cantidad.¹⁶⁸ Si tenemos en cuenta que dicho presupuesto tenía que repartirse entre las diferentes Secciones que integraban el LIF,¹⁶⁹ se aprecia la enorme significación de los fondos con que contó la Cátedra Cajal para financiar sus actividades. Aunque una parte importante de dichos fondos se destinó a remunerar a los diferentes profesores invitados, así como a los becarios de la Cátedra, aproximadamente la mitad se invirtió en adquirir los

¹⁶⁷ Los pagos se efectuaron en diferentes plazos: 50.000 ptas. en 1927 (*Memoria JAE* 1926-27 y 1927-28, 404); 50.000 ptas. en 1929 (*Memoria JAE* 1928-29 y 1929-30, 447); 25.000 ptas. en 1931 y 35.000 ptas. en 1932 (*Memoria JAE* 1931-32, 401); 7.075,60 ptas. en 1933 (*Memoria JAE* 1933-34, 556).

¹⁶⁸ Presupuestos del LIF: de julio de 1924 a junio de 1925, 47.901,98 ptas. (*Memoria JAE* 1924-25 y 1925-26, 460); de julio de 1925 a junio de 1926, 54.999,77 ptas. (*Memoria JAE* 1924-25 y 1925-26, 468); de julio a diciembre de 1926, 23.863,74 ptas. (*Memoria JAE* 1926-27 y 1927-28, 374); 1927, 46.847,59 ptas. (*Memoria JAE* 1926-27 y 1927-28, 382); 1928, 46.999,92 ptas. (*Memoria JAE* 1926-27 y 1927-28, 390).

¹⁶⁹ Durante los años considerados, en el LIF cohabitaron cinco Secciones, que se mantuvieron una vez creado el INFQ: Electricidad y Magnetismo (dirigida por B. Cabrera), Rayos Roentgen (J. Palacios), Espectroscopia (M. A. Catalán), Química-Física (E. Moles) y Electroquímica (J. Guzmán). *Memoria JAE* 1933-34, 263-264.

instrumentos necesarios.¹⁷⁰ Si bien la relación de aparatos adquiridos resulta incompleta en los Resúmenes de Cuentas anuales de la JAE, disponemos de un exhaustivo listado de los mismos para el primer año de Cátedra:¹⁷¹

“Dos tubos Hadding.

Dos tubos Siemens.

Una cámara de precisión, construida por la casa Siemens, que permite hallar estructuras cristalinas por los métodos de Laue, Debye-Scherrer y cristal giratorio.

Tres cámaras sencillas, para trabajos de iniciación, construidas en Madrid.

Dos bombas “Cenco” de aceite, para vacío preliminar. Se hallan al servicio de los tubos Hadding.

Un goniómetro de dos limbos para orientar cristales en las cámaras.

Entre las adquisiciones de menor importancia figuran tubos rectificadores “kenotron” y aisladores de porcelana para los tubos Hadding, dos miliamperímetros y una mesa completa de reglaje.

Acaba de recibirse un banco de óptica de Zeiss y se espera un espectrógrafo de precisión de Siegbahn. Ambos se destinarán a trabajos de óptica de rayos Roentgen.”

La propia construcción de las “tres cámaras sencillas” indica que la manera de dotarse de instrumental científico no se limitó a la compra del mismo. Así, en el mismo documento también se señala lo siguiente:

“Las modificaciones principales han consistido en transformar una cámara ya existente (construida por Hilger)¹⁷² haciéndola utilizable para los mismos fines que la cámara Siemens citada anteriormente. Se intentó también reconstruir un tubo de Seeman existente en el Laboratorio, así como una cámara del mismo constructor. Las pésimas condiciones de ambos aparatos hicieron sin embargo baldíos los esfuerzos realizados y, después de algún tiempo en funcionamiento, ha quedado fuera de servicio el primer aparato. El segundo, tras múltiples modificaciones, presta buenos servicios.”

Los trabajos de construcción, mejora y puesta a punto de instrumentos se llevaron a cabo en el Taller del Instituto del Material Científico.¹⁷³ De hecho, en los presupuestos de la Cátedra Cajal se incluye, desde su primer año de funcionamiento, la remuneración a “un mecánico del taller de precisión del Instituto del Material

¹⁷⁰ Concretamente, 62.859,67 ptas. (v. Resúmenes de Cuentas de las *Memorias JAE* referidas).

¹⁷¹ Carta de Ramón Menéndez Pidal a Federico Iribarren, 29 de octubre de 1929. *Archivo de la Secretaría de la JAE (1907-1939)*, Ref. 154-31. Residencia de Estudiantes. En otra parte del documento se especifica que “todas las adquisiciones importantes han sido aconsejadas por el Profesor Scherrer”.

¹⁷² Se refiere al aparato mencionado en la nota 137.

¹⁷³ Así lo señala también el mismo Palacios (1929), 293.

Científico, encargado especialmente de la conservación y reparación de los aparatos, así como de la construcción de modelos originales”.¹⁷⁴

Los Resúmenes de Cuentas de las *Memorias JAE* de los cursos sucesivos muestran que todavía se adquirieron más aparatos de rayos X con los correspondientes complementos, aparte de un equipo de difracción de electrones, éste en 1931. No obstante esto, no dejó de cultivarse la labor del Taller del Instituto del Material Científico.¹⁷⁵ Así, en el Resumen de Cuentas del último año en que se percibió dinero de la Institución Cultural Española, mientras que la compra de instrumentos de precisión fue casi nula, encontramos la siguiente relación de aparatos construidos por el Taller:¹⁷⁶

“Proyectados por el Sr. Torroja: Espectrógrafo para rayos X, tipo Weissenberg; cabeza goniométrica para el mismo; aparato orientador de cristales; aparato eléctrico para la obtención, por tamizado, de polvo finísimo de sustancias para su estudio en la sección de rayos X.- Proyectado por el Sr. Brú: Tubo de rayos catódicos para el estudio de estructuras moleculares mediante la difracción de electrones.”

De la cantidad de dinero destinada, así como de la relación de equipos adquiridos, es justo inferir que la Institución Cultural Española (y la JAE, al administrar los recursos con corrección) cumplió con su compromiso de impulsar decididamente la investigación científica en un campo concreto en España. Sabedores de la magnitud de los planes establecidos, Scherrer y el resto de profesores extranjeros aceptaron colaborar.

Es momento ahora de valorar los trabajos de investigación que se hicieron, como producto de tamaño esfuerzo. Al hacerlo, lo primero que llama la atención es que la totalidad de los mismos encontraron su vehículo de expresión en los *Anales de la RSEFQ*,¹⁷⁷ circunstancia que parecería razonable explicarse, en principio, por la titulación de los componentes iniciales del grupo investigador. Sin embargo, al incorporarse los naturalistas Garrido y García de la Cueva al equipo de Palacios, pasaron ambos a publicar también en los *Anales*, lo que invita a considerar el criterio

¹⁷⁴ Carta de Ramón Menéndez Pidal a Federico Iribarren, 29 de octubre de 1929. *Archivo de la Secretaría de la JAE (1907-1939)*, Ref. 154-31. Residencia de Estudiantes.

¹⁷⁵ Es más, a partir de 1931 el número de mecánicos en nómina ascendió a dos. *Memoria JAE 1931-32*, 401.

¹⁷⁶ *Memoria JAE 1933-34*, 276-277.

¹⁷⁷ Como vimos, los otros grupos reseñados publicaron básicamente en revistas del ámbito de las ciencias naturales, como el *Boletín de la RSEHN*. El no tener en cuenta la pluralidad de medios de expresión usados por los protagonistas del presente trabajo puede ser causa de graves omisiones. Así, en un libro dedicado al desarrollo de la Física en España (Valera y López, 2001), al basarse sus autores solamente en los artículos aparecidos en los *Anales*, la actividad de los grupos de la Universidad de Barcelona y del MNCN de Madrid es omitida. Este hecho remite a su vez a la comentada ambigüedad acerca de la ubicación disciplinar de las investigaciones en DEC.

del director del grupo (recordemos que Palacios era físico) como un factor a tener seriamente en cuenta.¹⁷⁸

En cuanto al contenido de las publicaciones, Valera y López (2001, pp. 148-164) ofrecen un minucioso análisis,¹⁷⁹ que incluye una clasificación por líneas de investigación. El grupo más numeroso comprende los trabajos en DEC mediante la difracción de rayos X (24 trabajos), aplicada indistintamente mediante los métodos de Bragg y Debye-Scherrer. Dentro de estos estudios, la determinación de compuestos inorgánicos (18 trabajos) representa la línea dominante,¹⁸⁰ siendo el resto (6 trabajos) destinados a compuestos orgánicos.¹⁸¹ Algunos de estas investigaciones, al centrarse en complejos minerales de variada composición, tienen el interés añadido de valorar las diferentes fórmulas químicas propuestas para dichos compuestos, aparte de resolver la estructura de los mismos. Por otra parte, algunos de los estudios acerca de compuestos orgánicos fueron motivados por el interés de la “Sección de Química Orgánica” del LIF, dirigida por Antonio Madinaveitia, quien proporcionaba los cristales a investigar.

¹⁷⁸ Sin embargo, Martín Cardoso, aglutinador de las investigaciones realizadas desde el MNCN, siguió publicando sus trabajos en el *Boletín de la RSEHN*.

¹⁷⁹ Bajo el epígrafe “Rayos X y radiaciones”, consideran todos los trabajos de esta índole publicados en los *Anales* entre 1916 y 1937, siendo el grueso de los mismos los realizados desde la “Sección de Rayos X” en el período 1928-1937 (y los únicos por nosotros aquí considerados). El análisis de Valera y López se muestra sumamente válido pues, por lo que hemos podido comprobar, desde la Sección sólo se produjo un trabajo fuera de los *Anales* (si bien se usaron varias revistas, todos los artículos publicados en ellas excepto uno aparecieron asimismo en la revista de la RSEFQ).

¹⁸⁰ Scherrer, P. y Palacios, J. (1928), “La estructura cristalina del bióxido de praseodimio”, *Anales*, **26**, 309-314; Navarro, I. y Palacios, J. (1929), “Estructura cristalina del wolframato de bario. I.”, *Anales*, **27**, 846-849; Palacios, J. y Cabrera, J. (1929), “Sobre la estructura cristalina del sulfato cálcico bihidratado (yeso)”, *Anales*, **27**, 535-543; Palacios, J. y Navarro, I. (1931), “Estructura cristalina del wolframato de bario. II.”, *Anales*, **29**, 21-32; Palacios, J. y Salvia, R. (1931), “Estructura cristalina de la argentita y de la acantita”, *Anales*, **29**, 269-279; Palacios, J. y Salvia, R. (1931), “Sobre la estructura cristalina de la argentita y de la acantita”, *Anales*, **29**, 514-515; Garrido, J. (1931), “Sobre las relaciones estructurales entre la argentita y la acantita”, *Anales*, **29**, 505-513; Garrido, J. (1932), “Estudio cristalográfico-roentgenográfico de la kernita”, *Anales*, **30**, 91-98; Garrido, J. (1932), “Estructura cristalina del iodato amónico”, *Anales*, **30**, 811-814; Salvia, R. (1932), “Estudio roentgenográfico de la estructura cristalina de la estefanita”, *Anales*, **30**, 416-420; Salvia, R. (1933), “Estudio roentgenográfico de la struvita arsenical”, *Anales*, **31**, 822-824; Garrido, J. (1933), “Contribución al conocimiento del sistema Bi-Te-S. La oruetita (estudio roentgenográfico)”, *Anales*, **31**, 99-102; Garrido, J. (1933), “La forma cristalina del $3\text{I}2\text{O}_5 \times 5\text{H}_2\text{O}$ ”, *Anales*, **31**, 616-617; Palacios, J. y Barasoain, J. A. (1934), “Estructura cristalina de la pirofilita”, *Anales*, **32**, 271-274; Palacios, J. y Galloni, E. (1934), “La estructura cristalina del sulfato cálcico bihidratado (yeso)”, *Anales*, **32**, 779-786; Palacios, J. y Rivoir, L. (1935), “Sobre el grupo espacial del sulfato cálcico bihidratado”, *Anales*, **33**, 518-520; Garrido, J. (1935), “Estructura de la manganita”, *Anales*, **33**, 783-804; Feo, R. y Garrido, J. (1937), “Sobre la estructura de los sulfoterururos de bismuto”, *Anales*, **35**, 242-248.

¹⁸¹ Hengstenberg, J. y Palacios, J. (1932), “Estructura del diantraceno”, *Anales*, **30**, 5-11; Foz, O. y Palacios, J. (1932), “Estructura de la quinhidrona ordinaria”, *Anales*, **30**, 421-425; Palacios, J. y Salvia, R. (1934), “Estructura cristalina de la naftazarina”, *Anales*, **32**, 49-52; Rivoir, L. y Salvia, R. (1935), “Estudio roentgenográfico de la acetil-naftazarina”, *Anales*, **33**, 314-318; Palacios, J. y Foz, O. (1935), “Constitución molecular de la quinhidrona”, *Anales*, **33**, 627-642; Palacios, J. y Foz, O. (1936), “Complemento a la comunicación titulada “Constitución molecular de la quinhidrona””, *Anales*, **34**, 779-781.

La aplicación de la difracción de electrones a la DEC constituye un segundo grupo de trabajos (7 artículos).¹⁸² El empleo de la nueva técnica, en la que destacó Luis Brú, debió sus inicios a las estancias de Wierl y Hengstenberg, especialistas en la materia, lo que motivó la compra del instrumental necesario.¹⁸³ Resulta interesante señalar que el primero de estos trabajos data de 1932, tan sólo un año después de la primera aplicación, precisamente a cargo de Wierl, de la nueva técnica a las investigaciones estructurales. Así se referiría más tarde el mismo Brú a la relevancia de la rápida implantación en España de la difracción de electrones:¹⁸⁴

“El ser los segundos en Europa que manejábamos esta técnica nos abrió el campo americano, iniciándose enseguida contactos tan importantes como el de Brockway”¹⁸⁵

Pese a no ser trabajos directamente de DEC, la “Sección de Rayos X” también produjo un tercer conjunto de artículos que guardan una estrecha relación con los anteriores. Así, se realizaron 13 trabajos sobre dispositivos experimentales y su aplicación a la DEC. La mayoría (8) versaron sobre medidas fotométricas,¹⁸⁶ con el acento puesto en la comparación entre el método fotográfico y los basados en la cámara

¹⁸² Hengstenberg, J. y Garrido, J. (1932), “Difracción de electrones por láminas delgadas de parafina”, *Anales*, **30**, 175-181; Hengstenberg, J. y Brú, L. (1932), “Determinación de la estructura molecular de la acetona y del ácido fórmico mediante la difracción de electrones”, *Anales*, **30**, 341-358; Brú, L. (1932), “Determinación de estructuras moleculares mediante la difracción de electrones. III. Aldehído fórmico”, *Anales*, **30**, 483-486; Brú, L. (1932), “Determinación de estructuras moleculares mediante la difracción de electrones. IV y V. Éter metílico y éter etílico”, *Anales*, **30**, 486-491; Brú, L. (1933), “Determinación de estructuras moleculares mediante la difracción de electrones. VI, VII y VIII. Cloruro, bromuro y yoduro de etilo”, *Anales*, **31**, 115-121; Brú, L. (1933), “Determinación de la estructura molecular de la acetona, éter metílico, ácido fórmico y formaldehído mediante la difracción de electrones”, *Revista de la Academia de Ciencias de Madrid*, **30**, 586-620; Brú, L. (1934), “Difracción de electrones a través de coloides de oro”, *Anales*, **32**, 20-29.

¹⁸³ En uno de los artículos (Hengstenberg, J; Brú, L. (1932), “Determinación de la estructura molecular de la acetona y del ácido fórmico mediante la difracción de electrones”. *Anales*, **30**, 341-358) se da cuenta de las características técnicas del aparato empleado, exactamente igual al empleado por Wierl en Alemania.

¹⁸⁴ Brú (1982)a, 91.

¹⁸⁵ No obstante esta interesante referencia a L.O. Brockway, no hemos encontrado información sobre la manera en que se concretaron estos contactos. De hecho, como veremos en el siguiente capítulo, cuando Brú trató de retomar en Sevilla sus trabajos en difracción de electrones no acudió a Brockway, sino a G. I. Finch. V. notas 416-421.

¹⁸⁶ Cierva, P. y Losada, J. (1933), “Medidas fotométricas de la reflexión de los rayos X. I. Comparación de poderes reflectores de dos cristales empleando una sustancia testigo”, *Anales*, **31**, 607-615; Barasoain, J.A. y Salvia, R. (1934), “Medidas fotométricas de la reflexión de los rayos X. II. Comparación de los métodos fotográfico y de ionización”, *Anales*, **32**, 53-64; Cierva, P. y Palacios, J. (1934), “Medidas fotométricas de la reflexión de los rayos X. III. Los factores atómicos del azufre y del plomo”, *Anales*, **32**, 391-395; Cierva, P. y Palacios, J. (1935), “Factores atómicos absolutos del azufre y del plomo”, *Anales*, **33**, 34-38; Mossin, C. y Losada, J. (1935), “Factor atómico del cinc”, *Anales*, **33**, 597-601; García de la Cueva, J. (1935), “Medidas fotométricas del número de partículas cristalinas orientadas en hilos metálicos”, *Anales*, **33**, 433-437; Palacios, J., Cierva, P. y Rivoir, L. (1936), “Medidas fotométricas de la reflexión de los rayos X. IV. Comparación de intensidades muy diferentes”, *Anales*, **34**, 743-747; Foz, O. (1936), “Determinación fotométrica de la intensidad de los rayos X difractados por el cloruro sódico”, *Anales*, **34**, 748-765.

de ionización de los Bragg. El resto (5) lidiaron principalmente con el uso de la cámara de Weissenberg.¹⁸⁷

En un número muy menor, se realizaron también 3 trabajos de corte más teórico,¹⁸⁸ dos sobre métodos de cálculo en DEC (concretamente acerca del uso de las series de Fourier), y un tercero sobre la interpretación de las relaciones estructurales en el interior de los cristales desde un punto de vista geométrico. Finalmente, se realizaron 3 trabajos acerca de la aplicación de los rayos X al análisis químico y a la determinación de estructuras en depósitos electrolíticos.¹⁸⁹

Además, aún se realizaron otros trabajos sobre propiedades de los rayos X, así como sobre otras radiaciones en general. Sin entrar en detalles acerca de dichos trabajos, sólo constataremos que estos suman un total de 9 artículos, con lo cual los trabajos en DEC y materias relacionadas representan el 85% del total de la producción de la “Sección de Rayos X”.

No obstante la elevada productividad de la Sección, no parece que el asalto a las publicaciones extranjeras fuera una prioridad para sus integrantes. Así, sólo consiguió publicarse un único artículo,¹⁹⁰ que era de hecho un breve resumen de uno de los trabajos ya comentados. Respecto a la baja incidencia de los trabajos de la Sección en la escena internacional, conviene referir una anécdota, que permite matizar esta apreciación, al tiempo que muestra como la Sección, en sus pocos años de funcionamiento, había experimentado un notable acercamiento al nivel científico de la vanguardia internacional. Así, en relación con las medidas de intensidades por métodos fotométricos, si bien se atribuye la introducción del método de la película múltiple a J.

¹⁸⁷ Palacios, J. (1928), “Interpretación de lauegramas cuando el haz incidente no coincide con ningún eje cristalográfico”, *Anales*, **26**, 215-218; Palacios, J., Hengstenberg, J. y García de la Cueva, J. (1933), “Método para el estudio de orientaciones cristalinas mediante el roentgen-goniómetro de Weissenberg”, *Anales*, **31**, 811-821; Palacios, J. y García de la Cueva, J. (1934), “Estudio de orientaciones mediante el roentgen-goniómetro de Weissenberg en hilos y láminas de aluminio inclinadas”, *Anales*, **32**, 774-778; García de la Cueva, J. y Palacios, J. (1936), “Método gráfico para el estudio de texturas con el roentgen-goniómetro de Weissenberg. Aplicación a muestras de aluminio laminado”, *Anales*, **34**, 165-172; Garrido, J. (1936), “Nota sobre la interpretación de los diagramas Weissenberg”, *Anales*, **34**, 399-401.

¹⁸⁸ Hengstenberg, J. y Garrido, J. (1932), “Distribución electrónica en el carborundo”, *Anales*, **30**, 409-415; Garrido, J. y West, J. (1933), “Estudios sobre la representación de la estructura cristalina mediante las series de Fourier. I. Influencia de la extinción”, *Anales*, **31**, 225-235; Palacios, J. y Garrido, J. (1936), “Las relaciones estructurales en las reacciones topoquímicas”, *Anales*, **34**, 739-742.

¹⁸⁹ Salvia, R. (1929), “Análisis roentgeniano del platino depositado catódicamente en presencia del helio”, *Anales*, **27**, 285-289; Rubio, A. y García de la Cueva, J. (1935), “Estudio roentgenográfico de depósitos electrolíticos de cadmio”, *Anales*, **33**, 521-532; Cierva, P. y Rivoir, L. (1936), “Análisis químico por rayos X”, *Anales*, **34**, 770-778.

¹⁹⁰ Garrido, J. y Hengstenberg, J. (1932), “Investigation of thin paraffin films with electron radiation”, *Zeitschrift für Kristallographie*, **82**, 477-480.

M. Robertson,¹⁹¹ un método similar fue empleado en España con anterioridad. La aplicación del mismo aparece en uno de los trabajos realizados desde la Sección.¹⁹² De todos modos, es preciso indicar que la reivindicación para España de la introducción del citado método ha sido defendida en una exposición histórica realizada por un grupo de discípulos de los autores del trabajo.¹⁹³ Si bien resulta posible, dada la cierta similitud entre ambos métodos, que los resultados del trabajo llevado a cabo en España contribuyera a la formulación del nuevo método por parte de Robertson, los datos de que disponemos nos impiden afirmarlo con rotundidad. Ahora bien, más allá del grado en que el grupo español contribuyó efectivamente a la introducción del método en cuestión, el referido episodio nos parece relevante para ponderar las posibilidades de influir en la producción de conocimiento en estas materias por parte de la Sección en este último tramo de su funcionamiento, habida cuenta de la corta distancia temporal entre ambos trabajos, lo que nos dice mucho acerca del nivel científico adquirido por la “Sección de Rayos X” del INFQ.

Para acabar de referir la producción de la Sección, hay que decir que se realizaron varias Tesis Doctorales, aunque sólo tenemos datos respecto a 5 (L. Brú, J. A. Barasoain, J. Losada, J. Garrido y P. De la Cierva)¹⁹⁴

Teniendo en cuenta que en su estudio bibliométrico Valera y López extienden su análisis hasta 1937, puede ser interesante establecer una última clasificación entre dos períodos distintos, 1928-1933 y 1934-1937, para así evaluar el impacto, si lo hubo, de la finalización de la Cátedra Cajal en la productividad del grupo investigador. Al hacerlo vemos que, por un lado, de los 9 trabajos no relacionados con DEC, 5 corresponden al segundo período, mientras que de los 50 artículos relativos a DEC e investigaciones afines, la proporción es de 29 a 21, respectivamente. Si tenemos en cuenta, además, que en 1937 sólo se publicó un trabajo, con lo que el período anterior al estallido de la

¹⁹¹ El método de la película múltiple o paquete de películas es un método de detección que permite recoger intensidades fuertes y débiles simultáneamente. Según García-Blanco et. al. (1990, 6) se atribuye comunmente su introducción al siguiente trabajo: Robertson, J.M. (1939), “Structure and thermal properties associated with some hydrogen bonds in crystals”, *Proceedings of the Royal Society, A* **170**, 222-240. No hemos sido capaces de contrastar esta atribución con otros manuales históricos, por tratarse dicho método, al parecer, de un logro considerado como menor dentro del amplio abanico de mejoras en las técnicas de rayos X acaecidas por la misma época.

¹⁹² Palacios, J., Cierva, P. y Rivoir, L. (1936), “Medidas fotométricas de la reflexión de los rayos X. IV. Comparación de intensidades muy diferentes”, *Anales*, **34**, 743-747. En su trabajo, los investigadores españoles detallan un método propio para la detección de las intensidades que sorte el ennegrecimiento de la película provocado por el largo tiempo de exposición necesario para recoger las intensidades más débiles. Los resultados de este trabajo se recogieron en 1937 en el *Chemical Abstracts*, **31** (IV), 6553.

¹⁹³ García-Blanco et. al. (1990), 6.

¹⁹⁴ Brú (1982)a, 92. También se añade vagamente que “hubieron otras”.

Guerra Civil es manifiestamente más corto que el primero, parece que la actividad en la Sección no sólo se mantuvo, sino que incluso se incrementó, pese a la reducción de recursos. Ahora bien, si en lugar de atender a los índices de productividad totales nos fijamos en el contenido de los trabajos, sí se perciben claros cambios entre ambos períodos. En primer lugar, tiene lugar un descenso importante de artículos dedicados directamente a DEC mediante rayos X (17 contra 7), manteniéndose el índice de productividad en el segundo período básicamente gracias a los trabajos sobre técnicas experimentales. En segundo lugar, el estudio de estructuras de compuestos inorgánicos cede su preeminencia a los de tipo orgánico (de los 7 trabajos en DEC por rayos X del segundo período, 4 son sobre compuestos orgánicos)¹⁹⁵. Finalmente, unos estudios tan punteros como los de difracción de electrones parecen resentirse de la pérdida del estímulo directo de figuras extranjeras de primera línea (sólo 1 trabajo en el segundo período).¹⁹⁶

La elevada productividad de la “Sección de Rayos X” del LIF-INFQ provocó que el estudio de la materia cristalina adquiriera, en muy poco tiempo, una importancia central en la ciencia española. Si tomamos como referencia los *Anales de la RSEFQ*, de ser ésta un área emergente durante la década de 1920, pasó a ser un área hegemónica de la física y química española, aglutinando hasta el 68% de los artículos publicados en el órgano de expresión de la RSEFQ durante el período 1932-36, situación que vino acompañada de una superioridad numérica en cuanto a personal investigador.¹⁹⁷ Este crecimiento se debió en exclusiva a la “Sección de Rayos X” dirigida por Palacios.¹⁹⁸ Ahora bien, la superioridad de este último equipo en relación con los dos anteriores no hay que buscarla en los perfiles de los grupos investigadores. Si bien desde la Universidad de Barcelona y el MNCN se llevaron a cabo numerosos trabajos de mineralogía y cristalografía óptica, la poca presencia de artículos dedicados a los estudios de DEC mediante las nuevas técnicas de difracción no se debió tanto a la pertenencia disciplinar de ambos centros a las ciencias naturales, como a la limitación

¹⁹⁵ Este cambio de orientación, sin embargo, no hay que entenderlo en un sentido negativo, al estar en sintonía con la evolución de la DEC a nivel internacional.

¹⁹⁶ Hay que tener en cuenta, también, que el principal investigador de la Sección en este campo, Luis Brú, se trasladó a la Universidad de La Laguna en 1935.

¹⁹⁷ Por ejemplo, en el curso 1933-34 la “Sección de Rayos X” del LIF contaba con 19 investigadores, por 13 de las Secciones de “Electricidad y Magnetismo” y “Espectroscopía”, áreas estas que habían dominado claramente hasta entonces la física y química españolas. Valera y López (2001), 162.

¹⁹⁸ De hecho, la estadística en cuestión no refleja las actividades del MNCN ni las del equipo de Pardillo, pues ninguno de los dos grupos publicó sus pocos trabajos producidos en DEC en los *Anales*. Debido a esto, ambos grupos son omitidos por Valera y López (2001) en su análisis de los trabajos en rayos X durante este período.

de los recursos disponibles.¹⁹⁹ En este sentido, el importante apoyo económico que permitió a la “Sección de Rayos X” del LIF-INFQ dotarse de un equipo instrumental adecuado y disponer de la ayuda de investigadores extranjeros de prestigio en el área, es el factor de mayor peso para entender el crecimiento experimentado por los estudios de DEC en España durante la década de 1930, cuya plena consolidación se demoraría unos años como causa de la Guerra Civil.

3. El proceso de consolidación de los estudios en DEC en España (1940-1955).

3.1 El franquismo y su política científica en el período autárquico.

El franquismo ha sido objeto de un progresivo análisis crítico a partir de la década de 1980. En este breve apartado consideraremos aquellos aspectos del mismo de mayor centralidad para el presente trabajo, como las directrices seguidas en materia de política económica, el aislamiento político de España, el peso de ciertos sectores en la reorganización nacional y la nueva planificación del sistema científico y tecnológico. Siendo cuestiones que se entrecruzan entre ellas, las contemplaremos primero en su conjunto, para posteriormente considerar con mayor detalle su concreción en la reorganización de la ciencia en España.²⁰⁰

El conocido como período autárquico español (1939-1959) es el marco contextual al cual hemos de referirnos para comprender la evolución de la ciencia y la tecnología y sus relaciones con el Estado durante las dos primeras décadas del nuevo régimen. La política económica de la posguerra, como su propio nombre indica, fue un intento por sentar las bases de un desarrollo económico no sujeto, en la medida de lo posible, a la coyuntura política internacional. En consecuencia, y siguiendo el modelo practicado por los otros regímenes autoritarios del momento, se llevó a cabo un fuerte proteccionismo y un control estatal sobre todas las actividades económicas. Fue una economía rígida de racionamiento, que limitó sobremanera los intercambios extranjeros y que intentó dirigir el proceso de industrialización en función del interés nacional. La elección de esta línea económica se vería reforzada por diferentes factores, como fueron

¹⁹⁹ Los trabajos en DEC producidos desde la Universidad de Barcelona y el MNCN no difieren en su orientación de los realizados desde el LIF-INFQ.

²⁰⁰ Las fuentes básicas utilizadas para este capítulo han sido las siguientes: González Blasco y Jiménez Blanco (1979); Sánchez Ron (1992); Sánchez Ron (1999), 329-371; Santesmases y Muñoz (1993); Sanz (1997); Sanz y López García (1997).

el aislamiento padecido por España o las características de algunos de los sectores elegidos para liderar el nuevo proceso. Así, no hay que olvidar que debido a su alineamiento al lado de las potencias del Eje durante la Segunda Guerra Mundial, España fue excluida de las operaciones de reconstrucción europea (Plan Marshall) y marginada temporalmente del escenario internacional, como lo prueba la negativa a su ingreso en la ONU y la posterior retirada de los embajadores extranjeros de Madrid en 1946, situación que afectaría también a la participación española en todo tipo de organismos e instituciones de ámbito internacional. También contribuyó a reforzar el planteamiento de una política económica autárquica, la idiosincrasia de los principios ideológicos presentes en la amalgama de fuerzas vencedoras en la contienda. En este sentido, el peso que los militares adquirieron en España tras la Guerra Civil fue determinante para el diseño de una política económica capaz de producir sin depender de las alteraciones del comercio exterior ni de la tecnología proveniente de estados no simpatizantes con España.²⁰¹

En el marco de esta estrategia de política económica, no se alcanzaron los niveles de producción de antes de la guerra hasta bien entrada la década de 1950, además de provocar un estrangulamiento crónico en la economía española que perduraría hasta el retorno a la democracia.²⁰² Aunque la economía real vivió una vuelta a la agricultura, los dos primeros decenios del régimen franquista estuvieron caracterizados por un discurso en favor de la industrialización del país. Por Ley del 25 de septiembre de 1941 se creó el Instituto Nacional de Industria (INI), cuya línea maestra fue la asociación entre industrialización y defensa nacional, que derivó en un protagonismo en la inversión en riquezas no explotadas (lo que se dio a llamar en aquel momento como revalorización) y en la firme oposición a la inversión extranjera en una amplia gama de sectores considerados como estratégicos. En consecuencia, el modelo de generación de tecnología para la industrialización promovido por el INI se limitó a parcelas muy concretas del sector de los carburantes, los minerales y los transportes. Así, la industria privada ajena a estos intereses no pudo valerse ni de las actividades de investigación y desarrollo tecnológico estatales ni de las producidas fuera de España.

²⁰¹ No hay que olvidar que ya desde la Primera Guerra Mundial, los militares españoles formaron las “comisiones de movilización”, en las cuales se generó un espíritu favorable a la creación de centros de investigación en áreas muy aplicadas, como la metalurgia y los combustibles. v. Sanz (1997), 118.

²⁰² Los costes que la autarquía tuvo para el desarrollo a largo plazo de la economía española fueron tan cuantiosos que, desde que hay estimaciones de la renta *per capita*, en 1832, los españoles no habían sufrido una minoración tan grande y duradera de su renta como la que padecieron entre 1936 y 1955. v. Sanz y López (1997), 3. Para una ampliación del contexto económico español, v. Clavera (ed.) (1973).

Además, hay que tener en cuenta que, por lo general, la iniciativa privada no disponía de las economías de escala suficiente como para permitirse un centro de investigación.²⁰³ Por todo lo expuesto, parece justo afirmar que la política de autosuficiencia de este primer franquismo, unida a los severos efectos económicos que dejó tras de sí la Guerra Civil, se mostró muy perjudicial para la pretensión de los centros de producción científica por dotarse de la tecnología requerida para sus investigaciones.

No obstante, con la llegada de la década de 1950 se empezó, poco a poco, a superar el aislamiento español. La consolidación del bloque del Este de Europa como satélite de la URSS y el establecimiento de la Guerra Fría motivó el inicio de una importante relación entre España y EEUU. El nuevo escenario político mundial benefició a la dictadura franquista por su acentuado carácter anticomunista, consiguiendo ésta atraer la atención política del gobierno norteamericano para obtener diversos tipos de ayudas y recibir apoyo diplomático a nivel internacional.²⁰⁴

“We have stated on a number of occasions that we would favour the modification of the 1946 resolution of the General Assembly to permit specialized agencies to admit Spain to membership.”

Finalmente, la presión norteamericana dio su fruto y España consiguió, en noviembre de 1950, que la ONU la aceptara como país miembro. Tres años más tarde, el 26 de septiembre de 1953, España y EEUU firmaron su primer acuerdo de cooperación. En él, EEUU se comprometía a ayudar y proteger militarmente a España a cambio de la instalación de bases militares en suelo español. Con el acuerdo llegaron las primeras ayudas económicas norteamericanas, también en materia de investigación, que abrieron las puertas a la incorporación de España al mundo capitalista. Así, el régimen franquista procedió a modificar sus posiciones sobre la política económica a seguir, que se concretó en 1959 con la aprobación del Plan de Estabilización.

Es en el marco de este primer franquismo que hemos de situar el esfuerzo que realizó el régimen en materia de política científica. También, junto a las prioridades económicas del momento, la ideología ultraconservadora dominante jugó un papel importante en el diseño de las instituciones llamadas a dirigir el ejercicio de la ciencia

²⁰³ Prácticamente no existían actividades de investigación y desarrollo tecnológico en las empresas españolas, con la excepción de los grupos químicos y farmacéuticos catalanes, apoyados en el Instituto Químico de Sarrià, y las empresas de armamento ligero y máquinas-herramienta del País Vasco, que contaban con la Escuela de Armería de Eibar. v. Sanz y López (1997), 5.

²⁰⁴ Carta del Secretario de Estado norteamericano al Jefe del Gabinete de Relaciones Internacionales, de enero de 1950. v. Sánchez Ron (2002), 24.

en España. Así, si tras el fin de la Guerra Civil los vencedores se apresuraron a dismantlar el anterior Estado republicano, en lo concerniente a la organización del sistema científico el nuevo régimen se cebó en la JAE, contemplada como sospechosa por su espíritu liberal y la vinculación con el regeneracionismo político de varios de sus miembros fundadores.²⁰⁵ Las voces contra la JAE, su ideario y sus principales figuras retomaron con renovada virulencia las críticas que desde los sectores más conservadores de la sociedad española se habían proferido desde el nacimiento de la misma, llegando a niveles de descalificación rayanos en la ofensa personal y la falsedad.²⁰⁶ Además, la depuración emprendida por el franquismo golpeó con extrema dureza al sistema educativo y científico español, con la sanción de maestros, científicos y profesores universitarios. Las siguientes palabras del ministro de Educación Nacional, José Ibáñez Martín, pronunciadas en 1940, son reveladoras del espíritu que iba a informar la política científica y universitaria del franquismo en los primeros años de su existencia:²⁰⁷

“Habíamos de desmontar todo el tinglado de una falsa cultura que deformó el espíritu nacional con la división y la discordia y desraizarlo de la vida espiritual del país, cortando sus tentáculos y anulando sus posibilidades de retoño. Sepultada la Institución Libre de Enseñanza y aniquilado su supremo reducto, la Junta para Ampliación de Estudios, el Nuevo Estado acometió, bajo el impulso del Caudillo, la gran empresa de dotar a España de un sólido instrumento que fuera la base de una reestructuración tradicional de los valores universales de la cultura y, al propio tiempo, el medio más apto para crear una ciencia española al servicio de los intereses espirituales y materiales de la Nación ... era vital para nuestra cultura amputar con energía los miembros corrompidos, segar con golpes certeros e implacables de guadaña la maleza, limpiar y purificar los elementos nocivos. Si alguna depuración exigía minuciosidad y entereza para no doblegarse con generosos miramientos a consideraciones falsamente humanas era la del profesorado.”

La reorganización de la estructura científica se realizó a través del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), presidido por el mismo Ibáñez Martín. Pese a la hostilidad mostrada por sus fundadores respecto de la JAE, lo cierto es que la nueva institución se cimentó en la vituperada JAE, de quien no sólo usurpó las

²⁰⁵ A modo de ejemplo, José Castillejo, secretario de la JAE, fue detenido, logrando finalmente marchar a Londres para iniciar un exilio del que ya no retornaría.

²⁰⁶ Entre los múltiples panfletos editados durante esos años alrededor de esta cuestión, destaca *Los intelectuales y la tragedia española* (Enrique Súñer, 1937), donde se arremete sin piedad contra la Institución Libre de Enseñanza, la JAE, Giner de los Ríos y José Castillejo. También merece citarse el documento colectivo *Una poderosa fuerza secreta. La Institución Libre de Enseñanza* (1940), en la elaboración del cual participó Antonio de Gregorio Rocasolano. v. Otero Carvajal (2001), 186.

²⁰⁷ Citado en Otero Carvajal (2001), 169.

funciones, sino que ocupó sus edificios y sus instalaciones.²⁰⁸ El CSIC fue creado antes de finalizar la guerra civil, el 24 de octubre de 1939,²⁰⁹ y tuvo como hombre fuerte a José María Albareda Herrera, su secretario general desde su fundación hasta 1966. Miembro del Opus Dei, Albareda dirigió el CSIC con mano de hierro, repudiando a todos aquellos científicos sospechosos de un pasado republicano.²¹⁰ Nada mejor que las palabras del mismo Albareda para valorar la opinión que desde el nuevo régimen se tenía de la labor en física desarrollada en la institución científica más emblemática de la España republicana, el INFQ:²¹¹

“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.”

La forma de actuar de Albareda sería criticada mucho después incluso por figuras próximas al régimen como Pedro Laín Entralgo,²¹² quien en su libro denuncia que el primer franquismo prefirió poner en los cargos directivos de investigación a personas de su ideario político frente a otras más preparadas pero no franquistas. La Ley por la que se creó el CSIC dejaba pocas dudas respecto la manera que tenía la dictadura de contemplar la investigación científica:²¹³

“En las coyunturas más decisivas de su historia concentró la hispanidad sus energías espirituales para crear una cultura universal. Ésta ha de ser, también, la ambición más noble de la España del actual momento que, frente a la pobreza y paralización pasadas, siente la voluntad de renovar su gloriosa tradición científica. Tal empeño ha de cimentarse, ante todo, en la restauración de la clásica y cristiana unidad de las ciencias destruida en el siglo XVIII. Para ello hay que subsanar el divorcio y discordia entre las ciencias especulativas y experimentales y promover en el árbol total de la ciencia su armonioso incremento y su evolución homogénea ... Hay que imponer, en suma, al orden de

²⁰⁸ La rotura con la JAE sí que se notó en la relación del personal investigador, donde se produjo un considerable vacío generacional. Como dato revelador, sólo el 5% de los que trabajarían en el CSIC en 1955 habían publicado algún artículo con anterioridad a 1940. González Blasco y Jiménez Blanco (1979), 131.

²⁰⁹ La inauguración oficial tuvo lugar el 28 de noviembre de 1939.

²¹⁰ En un manuscrito interno del CSIC se indica como varios de los discípulos de Blas Cabrera se quedaron aislados tras la guerra, siendo repudiados por los miembros del CSIC. v. Sánchez Ron (1991), 69.

²¹¹ Citado en Sánchez Ron (1992), 68.

²¹² Laín (1989), 287-290. Por ejemplo, en el campo de la física se critica la promoción del militar José M^a Otero Navascués frente físicos de mayor reconocimiento como Blas Cabrera o Miguel Catalán.

²¹³ Ley de 24 de noviembre de 1939. BOE, Madrid, 28 de noviembre de 1939, 6668-6671.

la cultura, las ideas esenciales que han inspirado nuestro Glorioso Movimiento, en las que se conjugan las lecciones más puras de la tradición universal y católica con las exigencias de la modernidad.”

El CSIC se estructuró en patronatos, de carácter disciplinar, en los que se reagruparon los diversos centros de investigación y que disponían de personalidad jurídica propia y de casi total independencia en la gestión económica. De sus seis patronatos, dos estaban dedicados a las humanidades (“Raimundo Lulio” y “Marcelino Menéndez Pelayo”), dos a la biología animal y vegetal (“Ramón y Cajal” y “Alonso de Herrera”), uno a las ciencias de la materia inorgánica (“Alfonso el Sabio”) y otro a la investigación técnica (“Juan de la Cierva”). En síntesis, al CSIC le tocó desempeñar un triple papel en los primeros años de la posguerra:²¹⁴ En primer lugar, tratar de convertirse en sede de la escasa actividad investigadora española, merced a los medios materiales heredados de la JAE. En segundo lugar, reconstruir, movilizar y ganar para el régimen a las nacientes élites académicas y culturales. Y tercero, desarrollar una función de asesoramiento en la ordenación de las actividades del Estado en relación a la investigación. En la última de estas dimensiones, el CSIC hizo política científica a través de la creación de institutos de investigación, la dotación de becas para el estudio fuera del país e invitaciones para que científicos extranjeros vinieran a enseñar, una vez iniciado el proceso de aperturismo en España. Creado con propósitos de investigación y no de docencia, conviene subrayar que el CSIC no aplicó estrictamente su tan cacareada equidad entre las diferentes parcelas del saber. Así, durante el período 1940-55 el 85% de su personal investigador se dedicó a las ciencias naturales, mientras que sólo el 15% restante se aplicó en humanidades y ciencias sociales.²¹⁵ De entre las ramas más atendidas dentro del ámbito de las ciencias naturales, destaca la apabullante diferencia entre la química (42% del total de investigadores) y el resto de disciplinas.²¹⁶ Respecto al número total de investigadores, éste creció con mucha lentitud, experimentando sólo un crecimiento considerable a partir de 1954. Así, en sólo dos años, 1954 y 1955, el número de investigadores fue dos veces mayor que en el conjunto de los años anteriores.²¹⁷

²¹⁴ Sanz y López (1997), 7.

²¹⁵ González Blasco y Jiménez Blanco (1979), 153.

²¹⁶ Biología 11,5%, Matemáticas 1,9%, Física 1,9%. v. González Blasco y Jiménez Blanco (1979), 155. En la misma obra se sugiere como motivo principal para el predominio brutal de la química el hecho de que algunos de los miembros más destacados del CSIC (Antonio de Gregorio Rocasolano, Manuel Lora Tamayo, José M^o Albareda) fueran químicos.

²¹⁷ González Blasco y Jiménez Blanco (1979), 138.

El Patronato Juan de la Cierva (PJC) aglutinó lo que ha sido denominado como el CSIC tecnológico, con una fuerte colaboración con la industria.²¹⁸ No en vano, su presidente fue Juan Antonio Suanzes Fernández, a la sazón ministro de Industria y Comercio. Puede decirse que el PJC encarnó el intento del CSIC por dar una respuesta a la opción industrializadora asumida por el régimen. Tras el fin de la Segunda Guerra Mundial y al acentuarse la estrategia de autosuficiencia económica, el PJC sufrió una reorganización que evidenció su clara supeditación a los intereses del INI, imponiéndose la puesta en marcha de programas de sustitución de importaciones. Este amplio objetivo hizo abarcar al PJC múltiples facetas de la investigación aplicada, para lo cual se estableció un ambicioso programa de creación de institutos durante la década de 1950 y se incrementó el control de los núcleos de investigadores aplicados más activos del conjunto del CSIC. Para este gran esfuerzo el PJC contó con unos presupuestos que superaban la mitad del capital destinado a la totalidad de patronatos del CSIC.²¹⁹ Si bien el desarrollo de tecnología se concentró en aquellas áreas señaladas por el INI, también hubo un tímido intento por promocionar el desarrollo tecnológico autónomo aplicado a los centros de investigación. El Instituto Leonardo Torres Quevedo de Material Científico (ITQ),²²⁰ bajo la Dirección de Juan María Torroja Miret, fue la apuesta del PJC en este sentido. Continuación del anterior Laboratorio de Mecánica Industrial y Automática (LMIA),²²¹ se estructuró en siete Secciones diferentes para apoyar a los Institutos del CSIC en la reparación, mejora y construcción de sus instrumentos científicos, de manera análoga a la colaboración prestada por el mismo LMIA en la construcción de la primera instalación de rayos X del LIF y a la labor realizada desde el Taller del Instituto del Material Científico de la JAE en el marco de la Cátedra Cajal. La filosofía de trabajo del ITQ y su encaje en la política tecnológica y económica del momento, aparece perfectamente plasmada en las primeras *Memorias del CSIC* dedicadas al centro:²²²

“Este Instituto lleva la inspección de todo el material. Aquel que se encuentra defectuoso, si es posible su reparación, se efectúa en la localidad donde se encuentre instalado el centro que lo precise, y caso contrario, su reparación se realiza en nuestros talleres. En cuanto al material de nueva adquisición, se deja a

²¹⁸ Sobre el PJC, v. López García (1993, 1995).

²¹⁹ Sanz y López (1997), 8.

²²⁰ En 1942 cambiaría este nombre por el de Instituto Leonardo Torres Quevedo de Física Aplicada, pasando finalmente a denominarse Instituto Leonardo Torres Quevedo de Instrumental Científico en 1948.

²²¹ Sobre el pasado de éste, v. nota 133.

²²² *Memorias CSIC* (1940-41), 249-250.

los centros en completa libertad para adquirirlos en donde se encuentren mayores garantías o ventajas económicas, y únicamente en caso de no encontrarlo en el mercado, o si el coste fuera excesivo, este Instituto, previa solicitud, estudia, proyecta y fabrica dicho aparato. Se procede de esta forma con el fin de no dañar en lo más mínimo los intereses de la industria nacional de material científico y consiguiendo al mismo tiempo en estos talleres la fabricación de aparatos nuevos en nuestra Patria, cosa que, a más de aumentar su potencialidad científica, industrial y económica, permite la restricción de importación de material científico.”

A partir de 1953, la apertura de España al exterior hizo que el PJC perdiera, en buena parte, su razón de ser, iniciándose en nuestro país un largo proceso de dependencia tecnológica del extranjero.

En cuanto al ejercicio de la investigación científica, en el período que nos ocupa ésta se realizó, casi exclusivamente, a través de los institutos del CSIC. Si bien ya hemos comentado como en este organismo se produjo un vacío generacional en cuanto al contingente investigador, la depuración llevada a cabo por el régimen se centró en la universidad, que sufrió una importante sangría como resultado de la Guerra Civil.²²³ Tras la guerra, muchas de las cátedras universitarias se encontraban vacantes y el ministro Ibañez Martín emprendió una política rápida de oposiciones con el nombramiento directo de los tribunales, en una maniobra que ha sido caracterizada como de “asalto de las cátedras universitarias por el Opus Dei”.²²⁴ Además, la carencia general de infraestructuras científicas en la universidad, hacía que ésta fuese un elemento poco significativo a la hora de promover y realizar actividades de investigación científica. Aún una vez superado el período autárquico, la investigación en la universidad era casi inexistente, canalizándose el 85% del gasto nacional en I+D a través de los diversos centros de investigación dependientes de los diferentes ministerios, de los cuales el más importante era el CSIC.²²⁵ No consta que la universidad recibiera presupuesto alguno para investigación por lo menos hasta 1964.²²⁶ La universidad respondía al modelo tradicional de institución casi exclusivamente docente y estaba caracterizada por una ausencia de autonomía tanto en su organización como en su funcionamiento. La Cátedra era el principio organizativo de la actividad

²²³ Montoro (1981) estableció la cifra de “cerebros fugados” de la universidad en 118, mientras que López García (1991) estimó la cifra de catedráticos purgados entre un 8-10%. Todas las apreciaciones coinciden en señalar que significó la pérdida de los mejores y más formados. Para un completo análisis de la situación de la universidad durante el franquismo, v. Carreras y Ruiz (ed.) (1991).

²²⁴ Artigues (1971).

²²⁵ Sanz (1997), 120.

²²⁶ Santesmases y Muñoz (1993), 88.

universitaria.²²⁷ A partir de sus cátedras, y en ese contexto de carencia de medios, algunos académicos con los adecuados contactos lograron vincularse a institutos de investigación del CSIC, creando Secciones adscritas a los mismos y haciendo posible así el disponer de algún tipo de recursos para ejercer la investigación en los grupos por ellos dirigidos. Se estructuraron así equipos de investigación que más tarde derivarían en centros mixtos CSIC-Universidad, mediante la coexistencia de miembros de la universidad y del CSIC en la mayoría de cátedras. En dichos equipos el catedrático solía marcar la línea a seguir:²²⁸

“El catedràtic decidia les línies de treball, dirigia gairebé tots els treballs i buscava els pocs recursos que es podien obtenir. Podríem dir que aquesta primera etapa [se refiere a la década de 1950] es caracteritza per un fort personalisme. Les inquietuds i la personalitat de cada catedràtic guiaven el dia a dia i el futur de la recerca que es feia. Tampoc era fàcil, sens dubte, fer recerca amb els pocs mitjans personals i materials amb què es comptava i amb l’entorn sociopolític que es vivia.”

Sin embargo, hasta que esta situación no se extendió completamente, transcurrieron unos años en los cuales las relaciones entre la universidad y el CSIC no fueron del todo fáciles, debido a la notable diferencia de medios disponibles por una y otra institución.²²⁹ La colaboración con las cátedras universitarias estaba prevista ya en el propio reglamento del CSIC, donde la actividad del mismo,²³⁰

“radicaba en gran parte, sobre ellas [las cátedras]; muchos catedráticos tenían nombramiento de jefes de sección y directores de algún instituto, recibiendo subvenciones para planes de investigación y dotaciones para becarios.”

Si bien en las universidades se hablaba de intromisión del CSIC en ellas, al CSIC llegaban más peticiones de catedráticos investigadores y de autoridades académicas de las que podía atender. Así, a los diez años de constituido el CSIC había institutos del mismo en todas las universidades españolas y más de un centenar de Secciones distribuidas por las distintas facultades de España.²³¹ Ahora bien, estos datos no reflejan el todavía imperante centralismo en el CSIC durante las décadas de 1940 y 1950. En un

²²⁷ Hasta 1965 las Cátedras no se transformarían en los actuales Departamentos.

²²⁸ Cuevas (2003), 123. La misma percepción del funcionamiento de los grupos de investigación CSIC-Universidad la encontramos en González Blasco y Jiménez Blanco (1979), 135.

²²⁹ Se ha dicho que “los medios del CSIC, todo y ser modestos, resultaban escandalosamente desproporcionados con respecto a los recursos de que disponía la Universidad”, v. Palau (1979).

²³⁰ Garma y Sánchez Ron (1989), 60.

²³¹ Santesmases y Muñoz (1993), 87.

exhaustivo estudio centrado en el período 1940-55, se dice lo siguiente sobre la implantación del CSIC y su distribución geográfica:²³²

“Madrid es con toda evidencia la ciudad que reúne la mayoría (68%) de centros del CSIC. Dicha concentración aparece todavía más explícita si se tiene en cuenta la distribución de investigadores (en un número mayor al 85%). El hecho deja ver con toda claridad que si el CSIC había establecido fuera de Madrid centros, esto tuvo un carácter mayormente burocrático, y de hecho no parece que hubo mucha preocupación por equipar esos centros con personal suficiente.”²³³

El proceso de descentralización del CSIC no comenzaría a producirse hasta la segunda mitad de la década de 1960.²³⁴

3.2 El impacto de la Guerra Civil en los grupos de investigación en DEC.

Habida cuenta de la lógica repercusión que una conflagración como la Guerra Civil tuvo en la totalidad de ámbitos que conforman la sociedad española, la magnitud del impacto de tan triste episodio se revela como una de las preguntas centrales a contestar por el presente trabajo. Dicho análisis, que ya ha sido abordado para algunas disciplinas científicas,²³⁵ se muestra especialmente oportuno en el área que nos ocupa, debido a que, como hemos visto, los trabajos en DEC estaban en pleno proceso de implantación en nuestro país en el momento del inicio de la contienda. El ofrecer una respuesta, obviamente, pasa por mostrar el desarrollo de las investigaciones en DEC durante los años posteriores a la Guerra Civil, para así valorar en perspectiva la totalidad del itinerario seguido. No obstante, antes de abordar esta segunda etapa y teniendo en cuenta los estragos que causaron las depuraciones franquistas en la comunidad científica española, parece adecuado analizar con detalle las consecuencias, si las hubo, que el cambio de régimen político tuvo para cada uno de los integrantes de los grupos de investigación estudiados hasta ahora.

Dentro de las publicaciones acerca de la represión franquista, merece la pena destacar la obra de Jaume Claret (2004), pues en ella el autor se centra en las consecuencias que tuvo la llegada del franquismo para el conjunto de las universidades

²³² González Blasco y Jiménez Blanco (1979), 140.

²³³ Sería un error atribuir en exclusiva al régimen franquista el centralismo imperante en el CSIC, así como su situación de privilegio frente a las universidades. Como vimos, ambas situaciones ya se dieron en la época anterior a la Guerra Civil con la JAE, organismo del que se heredó la organización científica estatal.

²³⁴ Incluso en 1984, 51 centros del CSIC se encontraban en Madrid, frente a 40 distribuidos en el resto de España. v. Garma y Sánchez Ron (1989), 59-60.

²³⁵ Capel (1976); Maset, Valera y López (1981); Palao, López y Valera (1984).

españolas.²³⁶ Teniendo en cuenta que las tres figuras que aglutinaron el peso de las investigaciones en DEC durante el período pre-franquista eran funcionarios del estado con el grado de catedrático de universidad, parece un buen punto de partida analizar el itinerario seguido por ellos y, posteriormente, valorar, en la medida de lo posible, la represión que pudieran sufrir el resto de miembros de los diferentes grupos de investigación.

Antes de ver cómo se concretó la represalia franquista en los diferentes protagonistas, puede resultar oportuno resumir el modo en que funcionó la maquinaria de purgas del nuevo régimen.²³⁷ La normativa depuradora franquista estableció, entre las varias comisiones destinadas a los diferentes niveles de la enseñanza, una comisión (Comisión A), encargada de la depuración del Personal Universitario.²³⁸ Con sede en Zaragoza, entre sus cinco miembros contaba con tres catedráticos de universidad, actuando como Presidente de dicha Comisión el químico Antonio de Gregorio Rocasolano. Según el formato del expediente de depuración establecido por las nuevas autoridades, el docente estaba obligado a solicitar el reingreso mediante una instancia y una declaración jurada delante de la autoridad académica correspondiente, que lo tramitaba a la Comisión de Zaragoza. Contenía cuestiones referentes a su vida profesional, moral, política, social y religiosa, y se debía de acompañar de pruebas documentales que confirmaran la declaración, avaladores de prestigio y documentos de adhesión al régimen. En caso de no solicitar la depuración, se decretaba automáticamente la separación del servicio. El tipo de sanciones oscilaba desde la libre absolución hasta la separación definitiva, con el castigo intermedio del traslado de universidad para aquellos que, si bien demostraran ser profesional y moralmente intachables, hubieran simpatizado con los republicanos aunque sin haber participado activamente en cuestiones políticas. A partir del 1 de marzo de 1938, con la creación de la Oficina Técnico-Administrativa y la posterior Comisión Superior Dictaminadora, se reconoció la posibilidad de recurrir el fallo. El proceso de depuración no se dio por finalizado hasta 1943.²³⁹ En la primera lista oficial de docentes expulsados por el

²³⁶ Existe también otra obra del mismo autor (Claret, 2003) dedicada únicamente al caso catalán. Para el tema afín del exilio de científicos españoles, v. Giral (1994).

²³⁷ v. Claret (2004), 77-91.

²³⁸ BOE, 11 de noviembre de 1936.

²³⁹ De todos modos, aún se provocaría una dilación de algunos expedientes a través de los recursos de revisión. Así, el Juzgado Superior de Revisiones de Expedientes funcionó hasta 1961, habiéndose localizado revisiones de expedientes en los archivos del Ministerio hasta 1969. Claret (2004), 85.

franquismo (7 de febrero de 1939) se encontraron, entre otros, el físico Blas Cabrera Felipe y los químicos José Giral Pereira y Antonio Madinaveitia Tabuyo.

El caso de Pardillo permite ilustrar la represión para el contexto catalán.²⁴⁰ En la Universidad de Barcelona, los catedráticos fueron los que menos notaron la purga franquista, siendo sólo sancionados aquellos que se habían mostrado como los más colaboracionistas con el anterior gobierno.²⁴¹ En la Facultad de Ciencias, de los 15 catedráticos existentes finalmente fueron rehabilitados 11 (entre ellos, Pardillo), siendo 2 destinados a Madrid (uno de los cuales, Esteve Terradas Illa), 1 sancionado (el químico Antoni García Banús) y 1 jubilado anticipadamente. Si bien Pardillo no había sido incluido en el primer contingente de docentes rehabilitados tras la victoria franquista (hecho público el 17 de noviembre de 1939),²⁴² su posterior absolución podría resultar un tanto paradójica dado que con anterioridad había aceptado ser nombrado Decano de Ciencias por la Generalitat de Catalunya, en un período tan comprometido como fue el inmediatamente posterior al Alzamiento Nacional.²⁴³ Sin embargo, su anterior implicación en el debate sobre la autonomía de la Universidad de Barcelona puede ayudar bastante a explicar su final rehabilitación. Así, Pardillo había sido uno de los profesores que firmaron un manifiesto, en febrero de 1934, bajo el equívoco título *Por la autonomía de la Universidad de Barcelona*, en el cual se expresaba una clara oposición hacia el Patronat de la Universitat de Barcelona y su manera de gestionar la recientemente otorgada autonomía.²⁴⁴ Resulta pues, un tanto ambigua la postura que mantuvo Pardillo con los órganos de gobierno de la Universidad de Barcelona en el período pre-franquista. Sin embargo, lo que sí es claro es que, tras un

²⁴⁰ Claret (2004), 103-139.

²⁴¹ En contraste con las purgas franquistas, la depuración republicana, que también existió, resultó mucho más dura con el cuerpo de catedráticos. Un ejemplo de ello fue la ejecución, por parte de las “Patrullas de Control”, de los catedráticos de Farmacia Ramón Casamada Mauri, Francisco J. Palomas Bons y Salvador Talla Filella, el 23 de septiembre de 1936. v. “Discursos, Memorias y Comunicaciones”, *Anales de la Universidad de Barcelona*, 1941-42.

²⁴² Vale la pena comentar que, poco antes de esta lista, el 1 de agosto de 1939 se había hecho pública otra, bajo el título de “Propuesta de auxiliares y ayudantes”, en cuya relación figuraban, entre otros, Jaume Marcet Riba y Luis Miravittles Millé. v. Claret (2004), 118-119.

²⁴³ Concretamente, el 11 de agosto de 1936. Además, en dos decretos del Ministerio de Instrucción Pública, en una fecha tan tardía como febrero de 1938, Pardillo se encontraba entre los pocos catedráticos todavía reconocidos por la República. Claret (2004), 109-113.

²⁴⁴ Poco tiempo después de la aprobación del Estatut de Catalunya, el 1 de junio de 1933 el Gobierno de la República, a propuesta de la Generalitat de Catalunya, concedió la autonomía a la Universidad de Barcelona. El Patronat de la Universitat de Barcelona, creado el 5 de julio de 1933, fue el encargado de la redacción del Estatuto de autonomía universitaria, que marcaría la pauta para el proceso de renovación operado por la Universidad de Barcelona durante su período de autonomía. Uno de los rasgos más notorios de dicho proceso fue la progresiva catalanización de la vida universitaria. Resulta muy ilustrativo que, de los catedráticos incluidos en la anteriormente señalada primera relación de docentes rehabilitados por el régimen franquista, sólo cinco no habían firmado el citado documento. v. Claret (2003), 32-41.

breve tiempo de espera, Pardillo recuperó su cátedra, instalándose sin problemas en el nuevo aparato universitario, en el cual, como ya señalamos, volvería a ocupar cargos de responsabilidad.²⁴⁵ Respecto a sus colaboradores en la Cátedra de Cristalografía en la Universidad de Barcelona, tuvieron éstos suerte dispar. Si bien no tenemos datos acerca de Soriano, de Gil y de Naranjo,²⁴⁶ mientras que Marcet no tuvo problemas para enrolarse en el nuevo organigrama académico,²⁴⁷ Candel escogió la vía del exilio.²⁴⁸ La situación de este último ilustra muy bien el caso de tantos científicos españoles que escogieron irse al extranjero ante la marcha de los acontecimientos. Disponemos de una carta personal en la que, años después, Candel mostraba sus inquietudes ante su deseado regreso a España.²⁴⁹

“Toda mi familia ha organizado una vasta ofensiva con vistas a mi regreso a España. Desde 1939 estoy en Francia, donde he trabajado mucho en diversos laboratorios de Geología y de Mineralogía ... Yo estoy bien aquí, los colegas franceses me han considerado mucho ... Ha llegado un momento, sin embargo, en que pienso que tal vez la familia tiene razón y que debo volver a casa. Pero, al tomar una decisión en este sentido, se me plantean múltiples problemas. ¿Qué voy a hacer en España? ¿Cómo voy a ganarme la vida? ... Tengo la impresión de que es muy difícil, o imposible, de que pueda encontrar en la enseñanza algo que me convenga. Incluso *no sé qué resultado puedo obtener en un concurso si se tienen en cuenta otros méritos que los puramente académicos.*”

En cuanto a Font Tullot, después de diversos contratiempos,²⁵⁰ logró volver a la Universidad de Barcelona en 1940, siendo de nuevo nombrado para el cargo de Profesor Auxiliar temporal, que ya había desempeñado en la década de 1930.

A quien sí afectó negativamente la represión franquista fue a Gabriel Martín Cardoso.²⁵¹ Tras el final de la Guerra Civil, fue separado de su Cátedra en la Facultad

²⁴⁵ Sería de nuevo Decano de la Facultad de Ciencias durante el período 1943-51.

²⁴⁶ Parece que Gil se marchó del grupo antes de la llegada del conflicto (v. nota 91). En cuanto a Naranjo, los datos de que disponemos lo sitúan como perteneciente al grupo en un época bastante anterior a la Guerra Civil (v. nota 101).

²⁴⁷ Como acabamos de ver (nota 242), fue incluido, al igual que L. Miravittles (que también se incorporaría al grupo de Pardillo después de la contienda) en la primera lista de Auxiliares y Ayudantes propuesta por el nuevo régimen.

²⁴⁸ Incluido en la Comisión Depuradora C de la provincia de Barcelona por “no haber presentado la Declaración Jurada para su Depuración y hallarse en paradero desconocido”, se exilió a Francia en 1939. En 1950 volvería a Barcelona, siendo declarado finalmente, en 1955, “depurado sin sanción alguna” (O.M. del 24 de marzo de 1955). Claret (2003), 151-152.

²⁴⁹ Carta de Rafael Candel a Francisco Hernández-Pacheco (catedrático de la Universidad Central de Madrid), 2 de febrero de 1948. *Archivo Rafael Candel Vila (1903-1976)*. Barcelona: Museu Geològic del Seminari de Barcelona. La cursiva es nuestra.

²⁵⁰ Fue sancionado por el gobierno republicano a la pérdida por un año de su Cátedra de Historia Natural (BOE del 20 de octubre de 1937), aunque logró la readmisión en febrero de 1939. Según Font Altaba (1995), “no tenim dades que ens expliquin el motiu pel que fou sancionat el Dr. Font Tullot, que és de suposar es trobava a Lugo durant la guerra civil i que, obligadament, hagué de servir a les ordres dels militars insurrectes”.

de Ciencias de la Universidad de Madrid y de su cargo en el MNCN. La suerte seguida por Martín Cardoso ejemplifica el sistema de delaciones que, en buena medida, alimentaron el proceso de depuración seguido por el régimen. Así, en un documento titulado *Para informar al Juzgado militar acerca de la actuación político-social de D. Gabriel Martín Cardoso*, éste último es tachado de “digno producto de la incubadora bolivarista”, para luego ver enjuiciada su labor académica como sigue:²⁵²

“A la protección de D. Lucas [Fernández Navarro] debió el ser Catedrático de Instituto -Teruel y Castellón- cuyas cátedras nunca desempeñó, pues realmente se le empalmaban las Comisiones de la Junta ... y prolongaba su estancia en Alemania, sin cuidarse de sus deberes didácticos”, finalizando con varias referencias a su supuesta pertenencia a una organización comunista (“el triunvirato de Moscú”²⁵³).

Durante los años en que Martín Cardoso estuvo apartado de la docencia, se volcó en estudios de geoquímica, con la colaboración de Isidro Parga Pondal y Juan Manuel López Azcona. No sería hasta 1947 que conseguiría la reposición de sus puestos en la Universidad de Madrid y en el MNCN.

Julio Palacios no padeció ningún tipo de represalias por parte del nuevo régimen. Es más, pese a haberse destacado como uno de los principales responsables de las investigaciones científicas llevadas a cabo en el INFQ,²⁵⁴ su conocida ideología

²⁵¹ Si bien Martín Cardoso no aparece en ninguna lista de sancionados en la parte del trabajo de Claret destinada a la Universidad de Madrid (Claret 2004, 141-173), su marginación por parte del aparato franquista se puede seguir en el apartado “La separación de la cátedra” (Ordóñez 1996, 9). Por su parte, Candel, en su reseña biográfica de Martín Cardoso, prefiere “pasar por alto el triste episodio de la Guerra Civil”.

²⁵² Según Ordóñez (1996, 9), el citado documento se encuentra depositado en el Archivo del Museo Nacional de Ciencias Naturales (nº entrada 34, 12 de febrero de 1940) y lleva la firma de un colega de profesión de Martín Cardoso. Sin embargo, hemos constatado que dicho documento ha cambiado de ubicación, pasando a engrosar, supuestamente, el Archivo de Salamanca.

²⁵³ Esta denominación hace referencia al viaje que realizaron Martín Cardoso, Vicente Sos y José Royo Gómez a la Unión Soviética en 1937, para asistir al XVIII Congreso Geológico Internacional. Por esta época, Martín Cardoso llegó a realizar el esfuerzo de aprender el ruso, para tener acceso a los trabajos de la escuela soviética del momento (Candel, 1954, 13).

²⁵⁴ A menudo, el haber participado activamente en la organización de la vida científica durante el período republicano, pese a no involucrarse directamente en la esfera política, conllevó el ser objeto de sanción por parte del nuevo régimen. Tal fue el caso, por ejemplo, de Blas Cabrera. En un documento redactado por el que fuera Director del INFQ, éste muestra su sorpresa por el castigo recibido: “Esta carta recuerda a Vd. cuanto le dije sobre la impresión que en mí produjo la disposición que me ha expulsado del profesorado sin que acierte a comprender los motivos que la han provocado, quizá porque hasta mí solo ha llegado un suelto de periódico en el que se dice de un modo general que las personas que figuran en la relación han prestado servicios al gobierno republicano después del comienzo de la guerra y aún con fecha anterior han laborado contra el espíritu nacional y el prestigio español. Descartada toda actuación política en mi vida entera, y desde luego durante los últimos años en que he permanecido en París siguiendo en mi actividad estrictamente científica, había de buscar explicación en los últimos motivos y es el caso que todo mi trabajo ha tenido como animador el deseo permanente de mejorar la posición de España en el mundo científico.” Carta de B. Cabrera a J. F. Lequerica, Embajador de España en Francia, 11 de abril de 1939. AGA, Caja 31/15438. Se da la circunstancia de que B. Cabrera también había sido anteriormente separado de su Cátedra por el gobierno republicano, por no reincorporarse a la misma al encontrarse en el extranjero. V. Claret (2004), 30.

conservadora posibilitó que se convirtiera en uno de los encargados de dirigir la política científica española en el nuevo escenario político. Palacios había mostrado su fidelidad a los insurgentes durante la guerra al participar en la Quinta Columna franquista y en el SIPM madrileño.²⁵⁵ Acabada la guerra, en marzo de 1939 se le incluyó en la primera Junta de Gobierno de la Universidad de Madrid, con el cargo de Vicerrector. Poco después, en julio del mismo año superó sin problemas el obligado proceso de depuración, siendo además nombrado Vicepresidente del Instituto de España.²⁵⁶ Asimismo, en 1940 fue designado Vice-Director del recién creado Instituto Alonso de Santa Cruz del CSIC, donde se haría cargo de la “Sección de Rayos X”. No obstante, posteriormente Palacios sería desplazado temporalmente por el franquismo, a causa de sus arraigadas convicciones monárquicas. Así, en marzo de 1944 fue cesado de sus cargos y confinado a Almansa por un año al haber firmado un manifiesto a favor de Don Juan (junto con Jesús Pabón, Alfonso García Valdecasas y Juan José López Ibor). Sin embargo, tras el castigo Palacios volvería a gozar de cierto grado de confianza por parte del franquismo, recuperando la dirección de la citada Sección en el Alonso de Santa Cruz y siendo escogido por el CSIC, en 1946, para la evaluación de estudios para la Comisión en Física Aplicada.²⁵⁷ Aunque desde 1947 combinó su actividad científica en Madrid con largas estancias en Lisboa, situación que se prolongaría hasta 1961, ya no se volvió a desvincular de los organismos rectores de la política científica española.

En cuanto al numeroso grupo de colaboradores de Palacios en la “Sección de Rayos X” del LIF-INFQ, tampoco hay indicios de que la carrera científica de los mismos se viera truncada por la llegada del nuevo régimen. Así, los tres que antes del Alzamiento habían obtenido el grado de catedrático, serían rehabilitados en sus cargos. A diferencia de su hermano mayor, Juan Cabrera, tras ser inicialmente separado de su Cátedra en la Universidad de Zaragoza, lograría recuperarla, aunque inhabilitado para ejercer cargos directivos.²⁵⁸ No obstante, J. Cabrera sólo había colaborado en la Cátedra Cajal durante el primer año de la misma y, como ya vimos, su posterior esterilidad investigadora habría que achacarla a razones ajenas de las estrictamente políticas. Por su parte, Luis Brú, quien había conseguido la Cátedra de Física en la Universidad de La Laguna en

²⁵⁵ Disponemos de un relato del propio Palacios, en el que el físico aragonés narra sus actividades en el Servicio de Inteligencia franquista destinadas a aprovechar las diferencias entre comunistas y anarquistas para acelerar la toma de Madrid por parte de Franco. v. Palacios (1962).

²⁵⁶ Claret (2004), 152.

²⁵⁷ Villena (1985), 17.

²⁵⁸ Claret (2004), 300-304. Durante el gobierno republicano, J. Cabrera había sido Decano de la Facultad de Ciencias.

1935, tras el período de depuración fue sancionado al traslado de universidad, recalando en Sevilla en 1942. Habiendo superado primero la depuración republicana,²⁵⁹ los problemas que sufrió posteriormente con las autoridades franquistas parece que fueron causados por su colaboración en un trabajo de Salvador Velayos Hernández calificado como “trabajo de guerra” al servicio de la República por el régimen franquista.²⁶⁰ Sin embargo, no parece que, a tenor de los datos contenidos en el Expediente Administrativo de Brú, hubiera sido éste un ferviente defensor de los valores republicanos.²⁶¹ Lo que sí parece claro es que, como tendremos ocasión de comprobar más adelante, el traslado por sanción no sirvió para otra cosa que para estimular la carrera científica de Brú, dado el aislamiento y la precariedad de medios que padecía en la universidad canaria.²⁶² Rafael Salvia había conseguido una Cátedra de Física en la Universidad de Cádiz en 1934. Sin problemas aparentes en la primera depuración republicana,²⁶³ también consiguió mantener su puesto con la llegada del franquismo,²⁶⁴ aunque no volvería ya nunca a ocuparse en problemas relacionados con DEC.²⁶⁵

Finalmente, hasta donde hemos podido averiguar, tampoco parece que ninguno del resto de integrantes del último curso de la Cátedra Cajal (no se conservan listas de colaboradores para los tres últimos años de la “Sección de Rayos X” del INFQ) tuviera serios problemas de represalias políticas. Así, Luis Rivoir y, posteriormente, Julio Garrido se integrarían en la nueva “Sección de Rayos X” del Instituto Alonso de Santa Cruz del CSIC.²⁶⁶ Por otro lado, varios de sus antiguos compañeros aparecen

²⁵⁹ Claret (2004), 32.

²⁶⁰ Velayos, S (1937), “Bocinas exponenciales: Influencia de la curvatura del eje”. *Anales*, **35**, 21. El artículo constituye un intento por desarrollar un sistema de audición binaural para la localización de objetos mediante el sonido. Aunque Velayos y Brú aseguraron no haber facilitado nada de dicho aparato a nadie, parece ser que alguien, durante la defensa de Madrid, utilizaba un aparato similar para localizar a la aviación franquista (entrevista con R. Márquez Delgado).

²⁶¹ En dicho expediente, se afirma que Brú era miembro de los “Estudiantes Católicos” y que se enroló en la 44 Bandera de Milicias de la F.E. AGA, Caja 31/1531. No obstante, conviene mantener una cierta reserva frente a un tipo de documentos que intentaban salvar al interesado de posibles sanciones.

²⁶² El mismo Brú expresaría posteriormente que el castigo recibido había sido como un premio para él. Entrevista con R. Márquez.

²⁶³ Aparece en una relación de profesores readmitidos por la República en febrero de 1938. Claret (2004), 32.

²⁶⁴ Claret (2004), 334.

²⁶⁵ García-Blanco et. al. (1990), 6. De hecho, apenas hay datos de su ulterior carrera científica. En adelante, no publicará ningún artículo en los *Anales*, lo que de nuevo plantea la cuestión sobre la posibilidad real de ejercer la investigación en provincias en unos años de especial dificultad económica.

²⁶⁶ El caso de Garrido, sin embargo, no es del todo claro, pues hay constancia de un documento en el que se dice que fue condenado a seis años de inhabilitación para el ejercicio de cargos públicos por “un acto de rebeldía”, cuestión que no hemos podido confirmar por ninguno de sus biógrafos. En el mismo documento se dice de él que “es un declarado derechista y deseaba abiertamente el triunfo de Franco”. No obstante, al tratarse de un documento anónimo y sin fecha, conviene tomar en consideración estos datos con cautela. Pese a ser la redacción del documento muy confusa, nos inclinamos por pensar que bien

colaborando activamente en las primeras sesiones de la RSEFQ celebradas ya en la época franquista. Tal es el caso de José Manuel González Barredo,²⁶⁷ Octavio Foz²⁶⁸ y José Antonio Barasoain.²⁶⁹ Por su parte, J. M. Ríos²⁷⁰ se dedicaría a las prospecciones petrolíferas para la compañía CIEPSA, E. Galloni retornaría a Argentina, P. De la Cierva iniciaría una interesante carrera sobre cuestiones de óptica junto a Otero Navascués en el Laboratorio de la “Sección de Óptica” del Alonso de Santa Cruz y en el Taller de Investigaciones del Estado Mayor de la Armada. Finalmente, A. Ara recalaría en la Sección de Zaragoza del Instituto de Química Alonso Barba realizando trabajos de química inorgánica y A. Espurz se trasladaría a Oviedo tras ganar una cátedra, pasando a trabajar en temas de termología.²⁷¹ Por su parte, J. Doetsch, S. J. se dedicó a sus labores religiosas.²⁷² De los pocos investigadores que faltan, no nos ha sido posible obtener ningún tipo de información.

La misma percepción respecto a la suerte de los integrantes de la “Sección de Rayos X” del LIF-INFQ la encontramos expresada en Valera y López (2001). Dichos autores, de una comparación basada en los autores más prolíficos de los *Anales* correspondientes a los períodos 1931-37 y 1940-49, infieren la relativa continuidad de que gozaron los

podiera ser que el referido castigo le hubiera sido impuesto por el anterior gobierno republicano. El documento en cuestión puede consultarse en el Expediente de L. Brú, AGA, Caja 31/1531. Lo que sí es claro es que Garrido padeció, durante la Guerra Civil, una profunda crisis espiritual que le llevó a una enorme convicción cristiana hasta el punto de convertirse, durante el resto de su vida, en un ferviente militante del catolicismo. Por otro lado, Garrido permaneció durante toda la Guerra Civil en la Sorbona, en París, donde ya había permanecido por casi dos años en el período previo al estallido de la contienda. Sobre Garrido, v. Ríos (1976,1983); Wyart, J. (1983); Ordóñez y Barrera (2000).

²⁶⁷ Un trabajo suyo, hecho en colaboración con Rivoir, es presentado en la sesión del 18 de marzo de 1940. v. *Anales*, **36** (II), 1940, 56. En 1940 ingresó en el Instituto Alonso Barba, desempeñando trabajos sobre cinética de las reacciones químicas (v. *Anales*, **36**, 328-331; 332-344). En la sesión del 5 de noviembre de 1951 presentará dos trabajos, también sobre temas ajenos a la DEC. v. *Anales*, **47** (II), Serie A, 1951, 76. González Barredo, miembro del Opus Dei, acabó rompiendo sus relaciones con Palacios (Entrevista a J. M. Vidal Llenas).

²⁶⁸ Participó en la sesión del 18 de marzo de 1940. v. *Anales*, **36** (II), 1940, 57. Tras ingresar en el Instituto Alonso Barba en 1940 y trabajar en cuestiones de química (v. *Anales*, **36**, 300-307; 308-321), se dedicaría a temas relacionados con la termología y la física atmosférica, siendo catedrático en Valencia y en Madrid (Entrevista con J.M. Vidal Llenas): Foz, Vidal (1947), “Acerca de la determinación de calores de asociación molecular a partir de medidas del segundo coeficiente del virial de gases reales”, *Anales*, **43**, 842-849; Foz, Vidal, Morcillo (1947), “Técnica experimental para la determinación de coeficientes del virial de vapores a presiones próximas a la atmosférica”, *Anales B*, **43**, 1263-1274.

²⁶⁹ Presentó tres trabajos en la sesión del 20 de mayo de 1940. v. *Anales*, **36** (II), 1940, 100-101. Posteriormente se dedicaría a otras cuestiones: Barasoain, J.A. y Vidal, J.M. (1947), “La radiación cósmica en Madrid”, *Las Ciencias*, **12**, 513-519. Entre otras instituciones, trabajó en el Servicio Meteorológico de Canarias y en la Sección de Aerología de Madrid (Entrevista con J. M. Vidal Llenas).

²⁷⁰ Ríos (1976), 72.

²⁷¹ Entrevista con J. M. Vidal Llenas.

²⁷² Si bien se le conoce un artículo escrito mucho más tarde: Pastor, M.; Doetsch, J. (1956), “Manganesos y hierros de la provincia de Badajoz”. Madrid: *Notas y Comunicaciones* (1956), 33-134.

integrantes de la Sección, al contar con 3 de los 5 nombres repetidos en ambas listas (Palacios, Rivoir y Brú).²⁷³

Grupos de investigación en DEC en España (1940-1955).

3.3 La “Sección de Rayos X” del Instituto Alonso de Santa Cruz en Madrid.

Tras la Guerra Civil, el Instituto de Física Alonso de Santa Cruz (Patronato Alfonso el Sabio, CSIC), fundado en 1940, fue uno de los primeros centros de producción científica creados por el nuevo régimen. Bajo la Dirección de José Casares Gil,²⁷⁴ con J. Palacios como Subdirector y domiciliado en el edificio Rockefeller del anterior INFQ, de entre las tres Secciones en las que se estructuró desde su origen,²⁷⁵ la “Sección de Rayos X” fue la encargada de retomar las actividades desarrolladas en la anterior “Sección de Rayos X” del LIF-INFQ.²⁷⁶

Con Julio Palacios como Jefe de la Sección, se reunió todo el instrumental disponible del anterior grupo, así como alguno de sus integrantes. Según las primeras *Memorias del CSIC*, los colaboradores de Palacios en los inicios de esta nueva etapa fueron Ricardo Salcedo y Luis Rivoir Álvarez (Ayudantes) y Luis Lozano Calvo, Domingo Guinea Guerrero y Manuel Abbad Berger (becarios), además de Joaquín Orland García S. J., éste como becario honorario.²⁷⁷ Ahora bien, el tipo de trabajos

²⁷³ Esta situación contrasta con lo acaecido en otros campos de investigación, como fueron la espectroscopía, el electromagnetismo o la meteorología (liderados todos ellos en la época de preguerra por científicos que tuvieron problemas con el régimen: Miguel Catalán, Blas Cabrera y Arturo Duperier). Valera y López (2001), 262.

²⁷⁴ Éste cedería su puesto a José Baltá Elías en 1953.

²⁷⁵ Las otras dos Secciones del Instituto Alonso de Santa Cruz serían “Electricidad” y “Óptica” (ésta con una “Subsección de Espectroscopía”).

²⁷⁶ Si bien desde el Instituto Alonso de Santa Cruz se redactaron *Memorias* anuales de las actividades en él realizadas, no nos ha sido posible localizarlas. El haber desaparecido dicho centro en 1964, con motivo de una reestructuración de varios institutos del CSIC (donde sus instalaciones pasarían a engrosar el Instituto de Química-Física Rocasolano), no favorece en nada la recuperación de las mismas, pese a haber contado con la inestimable ayuda de Sagrario Martínez Carrera, el miembro actual más antiguo de la “Sección de Rayos X”. Para glosar las actividades de dicha Sección, aparte del seguimiento de las diferentes publicaciones, nos hemos basado en las *Memorias del CSIC*, así como en Gamboa et. al. (1982) y en la entrevista efectuada a S. Martínez, quien nos facilitó, a su vez, el acceso al documento inédito de García-Blanco et. al. (1990).

²⁷⁷ *Memorias CSIC* (1940-41), 180-182. En ellas también se menciona la publicación de un artículo de colaboración entre J. Palacios y J. A. Barasoain (“Estructura cristalina de los silicatos. La pirofilita.” (1940), *Revista de la Universidad de Madrid*. Tomo I), autor que, como hemos visto, en una de las primeras sesiones del RSEFQ tras la Guerra Civil presentó tres trabajos (v. nota 269). Sin embargo, teniendo en cuenta que Barasoain no aparece en la Relación de Personal Científico del Alonso de Santa Cruz (v. Gamboa et. al. (1982), 184-185) y que ambos autores ya habían publicado anteriormente un trabajo de similares características (“Estructura cristalina de la pirofilita” (1934), *Anales*, **32**, 271-274),

realizados por cada uno de los integrantes del nuevo grupo revela que la mitad de ellos se interesarán por temas que no sólo nada tienen que ver con las investigaciones en DEC, sino que ni tan siquiera se circunscriben en los estudios de sólidos propios de la cristalografía. Tal será el caso de Salcedo, Lozano y Guinea.²⁷⁸ Es más, pese a dirigir una Sección tan claramente pensada, en principio, como continuación de las anteriores investigaciones en DEC, el mismo Palacios diversificaría notoriamente sus intereses, alejándose también de la DEC en sus investigaciones personales.²⁷⁹ De hecho, unos años antes había dado ya muestras de su cansancio por esta línea de trabajo, de acuerdo con lo expresado por L. Brú al recordar la época del INFQ:²⁸⁰

“Siempre recuerdo aquella mañana que entró [Palacios] en el laboratorio con aspecto cansado y, al preguntarle si había motivo para ello, me dijo textualmente: ‘Llevo tres noches sin dormir porque no acierto a colocar en posición correcta los átomos en la estructura del yeso; pero ¡Qué me importa dónde están cuando hay tantos problemas en la Física que están por resolver!’ ”

Lo cierto es que tras la Guerra Civil Palacios abordará una gran variedad de temas, pero ya nunca publicará más trabajos relacionados con DEC, si exceptuamos el referido artículo presentado en colaboración con Barasoain. Si bien en varios de los primeros trabajos de Rivoir en esta segunda etapa encontramos alguna nota de agradecimiento a Palacios por el apoyo recibido, la implicación de este último por las investigaciones en DEC no llegará a más. De hecho, resulta altamente significativo que un año más tarde la Sección cambiara su denominación por la de “Sección de Rayos X y Magnetismo”, en deferencia a los estudios de varios de los componentes del grupo, incluido el mismo Palacios.

Del nutrido grupo de investigadores de la anterior Sección del INFQ, sólo Rivoir acompaña a Palacios en el nuevo equipo. Las *Memorias del CSIC* revelan claramente que el mismo Rivoir se erigirá en el dinamizador principal de los trabajos en DEC durante los primeros años de la década de 1940, siendo ayudado solamente por Abbad

parece más que razonable suponer que tanto el artículo en cuestión como los trabajos presentados fueron confeccionados aprovechando parte de la labor realizada en la etapa previa a la Guerra Civil.

²⁷⁸ Guinea realizará estudios sobre el factor de desimánación en barras cilíndricas, Lozano analizará las tensiones interiores en el hierro desde un punto de vista mecánico y Salcedo trabajará sobre potenciales de contacto en electrolitos fuertes.

²⁷⁹ Aparte del artículo publicado en colaboración con Barasoain, los títulos del resto de trabajos producidos por Palacios durante el curso 1940-41 hablan por sí solos: “Las consideraciones energéticas en la mecánica de los sólidos elásticos”, “Las magnitudes físicas y sus dimensiones”, “Las magnitudes electromagnéticas”, “Demostración de la fórmula de Kutta-Joukowsky”, “Movimiento de un sólido rígido sometido a un par de fuerzas de dirección constante”, “La ley de Joule y los principios de la termodinámica”. *Memorias CSIC* (1940-41), 180.

²⁸⁰ Brú (1991), 179.

y, en menor medida, por algún colaborador eventual.²⁸¹ Con la excepción de la reincorporación temporal de Julio Garrido Mareca²⁸² y la entrada en el grupo de Jaime Castejón Chacón (1945), la situación no sufrirá ningún cambio hasta 1947. En esta fecha se producen dos hechos de enorme relevancia para el futuro de la Sección y, en especial, para los integrantes de la misma dedicados a la DEC. En primer lugar, Palacios se traslada a Lisboa,²⁸³ siendo designado Rivoir como nuevo Jefe de la Sección. En segundo lugar, comienza la numerosa incorporación de jóvenes investigadores a la Sección. Así, durante el trienio 1947-49 ingresarán, la mayoría en calidad de becarios, hasta 13 recién licenciados:²⁸⁴ Pilar Smith Verdier (físico-química), Demetrio Santana (ingeniero de minas), María del Carmen Agudo Sorní, Raimundo Menéndez, Luis Blanco, Florentino Gómez Ruimonte (químico), Severino García-Blanco Gutiérrez (químico), Alejo Garrido, Virtudes Gomis Gomis, Sagrario Martínez Carrera (química), Antonio Rodríguez Pedrazuela (químico), Isidoro Asensio Amor (farmacéutico) y José Ors Martínez (físico). Si bien alguno de ellos tan sólo permanecerían en la Sección por uno o dos años, merece la pena destacar que de tan nutrido grupo, tenemos la seguridad de que como mínimo 10 de ellos dedicarán su tiempo a investigaciones en DEC o a cuestiones directamente relacionadas. De hecho, de acuerdo con las *Memorias del CSIC*, tras esta reestructuración de la Sección ya no se realizarán en ella más trabajos sobre temas alejados del estudio de estructuras cristalinas mediante rayos X. Es más, en 1949 la Sección recuperaría su denominación original, desapareciendo la referencia al magnetismo. Desde comienzos de la década de 1950 otro miembro del grupo (Fernando Huerta López, físico) se mostrará como muy activo, al tiempo que algún otro antiguo colaborador de Palacios retomará temporalmente sus investigaciones.²⁸⁵ Sin embargo, durante la primera mitad de la década de 1950 la estructura de la “Sección de Rayos X” seguirá siendo la misma, renovándose con la incorporación de algunos jóvenes investigadores más: Julián López de Lerma Peñasco (químico), José Alonso López,

²⁸¹ Es el caso del mencionado Orland (1940-42), así como de J. López de Rego (1943-44).

²⁸² Garrido figura como integrante del grupo durante el período 1945-48. Sin embargo, simultaneará sus actividades en él junto con su ocupación en la empresa CIEPSA como geólogo de campo y su posterior trabajo en el INTA (1946-49). v. Ordóñez y Barrera (2000), 69.

²⁸³ No están claros los motivos que impulsaron a Palacios a marcharse a Lisboa. En las *Memorias del CSIC* sólo se menciona que “Palacios se encuentra en Lisboa, autorizado por el Consejo, para dirigir el Laboratorio de Física Aplicada”. *Memorias CSIC* (1949), 273.

²⁸⁴ García-Blanco et. al. (1990), 7-8. La formación de los diferentes investigadores nos fue facilitada por Sagrario Martínez Carrera.

²⁸⁵ Tal será el caso de Rafael Fernández González (químico). Si bien no figuraba en la incompleta relación de personal de la Cátedra Cajal, según S. Martínez Carrera había estado en ella junto a Palacios. Militar de carrera, tras su participación en la Guerra Civil llegaría a ascender a Coronel, volviendo al grupo (1952-55) tan sólo para completar su Tesis Doctoral, para proseguir luego con su carrera militar.

Ángel Jiménez Toca, José Montes Villalón (ingeniero de minas), Amalia Pérez Coutiño, José María Casals Marcén, Francisca Guardabrazos Sotoca, Bibiano Garzón Benavente. Será precisamente en 1955 cuando tendrá lugar una segunda remodelación de la Sección, pasando a quedar ésta dividida en dos laboratorios, el de Estructuras Inorgánicas (bajo la dirección de Rivoir) y el de Estructuras Orgánicas (dirigido por García-Blanco), haciéndose cargo Abbad del nuevo Laboratorio de Cerámica.²⁸⁶

La formación de los diferentes componentes del grupo, en la medida en que su elucidación nos ha sido posible, revela una cierta variedad dentro del equipo, con una mayoría de químicos y la curiosa presencia de dos ingenieros de minas. No en vano, recordemos que el jefe del grupo, Rivoir, era químico, mientras que su ayudante Abbad era ingeniero de minas. Al mismo tiempo, destaca la pobre presencia de físicos y la nula aportación de naturalistas, si exceptuamos el concurso temporal de Garrido.

Respecto al tipo de artículos producidos desde la Sección a lo largo de estos primeros quince años de funcionamiento, podemos clasificarlos en tres grupos diferenciados. El primero comprende una breve serie de artículos (6) dedicados a la aplicación de los rayos X al análisis químico.²⁸⁷ Sin embargo, los tres primeros, publicados poco tiempo después de reanudarse las actividades, corresponden a autores (aparte de Rivoir, que aparece como coautor en dos de ellos) del antiguo INFQ que no llegarán a formar parte del Alonso de Santa Cruz. Teniendo en cuenta que en dichos artículos se reivindica una continuidad con unos trabajos del antiguo INFQ, es bastante posible que buena parte de su trabajo experimental se realizara con anterioridad a la creación de la nueva Sección.²⁸⁸ Dos cuestiones sobre este primer grupo de trabajos merecen un comentario. En primer lugar, la oportunidad de la realización de los mismos sirve de pretexto para mostrar el grado de conocimiento de las investigaciones llevadas a cabo en el extranjero y la clara voluntad de incidir, en la medida de lo posible, en la producción de la comunidad internacional. Así, si bien la aplicación de los rayos X al

²⁸⁶ La producción del grupo durante los años sucesivos dará muestras de su nivel de consolidación. Para una relación de los trabajos producidos a partir de 1955, v. Gamboa et. al. (1982), 97-111.

²⁸⁷ Rivoir, L. y Ara, A. (1940), "Análisis químico por rayos X. II. Análisis de aleaciones", *Anales*, **36**, 20-25; Rubio, A. (1940), "Estudio röntgenográfico de depósitos electrolíticos. II. El cinc", *Anales*, **36**, 76-90; Rivoir, L. y González Barredo, J.M. (1941), "Análisis químico por rayos X. III. Acerca del voltaje apropiado para realizar análisis cuantitativos por el método de comparación directa", *Anales*, **37**, 48-53; Garrido, J. (1947), "Métodos cristalográficos de análisis químicos", *Revista de Química Analítica*, nº3; Rivoir, L. (1950), "Análisis químico por rayos X. IV. Métodos de análisis cuantitativo de la raya testigo", *Anales*, **46** (A), 77-82; Abbad, M. y Gómez Ruimonte, F. (1955), "Determinación por rayos X de cuarzo y feldespatos en el caolín", *Publicaciones del Instituto de Física Alonso de Santa Cruz*, **9**, 49-66.

²⁸⁸ Análogamente a lo expuesto en relación con Barasoain (v. nota 277). De hecho, dos de los autores en cuestión, Antonio Ara Blesa y José Manuel González Barredo, figuran como personal científico del INFQ hasta 1939. v. Gamboa et. al. (1982), 165.

análisis químico había despertado un gran interés durante la década de 1920, a partir de comienzos de la década de 1930 la producción de trabajos en esta materia decayó notablemente en todo el mundo, debido principalmente a las dificultades por lograr que los tubos de rayos X abiertos, trabajasen con seguridad y eficacia. Sin embargo, la década de 1940 traería mejoras técnicas sustanciales en la construcción de los mismos. Así se refiere Rivoir a esta problemática en uno de sus trabajos:²⁸⁹

“Actualmente, los progresos realizados en la técnica del vacío permiten construir instalaciones de rayos X con tubos abiertos, que han superado en la práctica las dificultades recientes. Es posible, por tanto, que renazca el interés del estudio de esta modalidad del análisis químico y por ello creemos oportuno el publicar algunos resultados logrados por nosotros mediante la aplicación de la radiación directa al análisis químico cuantitativo.”²⁹⁰

De hecho, unos años antes tenemos constancia de los intentos de la Sección, con la ayuda de Juan María Torroja Miret y el Instituto “Leonardo Torres Quevedo” de Material Científico, por modificar diversos tubos de rayos X para favorecer los estudios de análisis químico por rayos X.²⁹¹

La segunda cuestión tiene que ver con el grado de implicación de la industria española en este tipo de trabajos, que a su vez puede resultar de ayuda para valorar la incidencia del tejido industrial en la producción científica general del primer franquismo. Con un nulo papel en los restantes artículos, vale la pena reproducir los agradecimientos expresados al final del último de ellos, trabajo con un marcado interés práctico elaborado en las postrimerías del período:²⁹²

“Hemos de agradecer a los Sres. D. Jacinto Alcántara, Director de “Escuela-Fábrica de Cerámica de la Moncloa”; D. Cipriano Comas, Jefe de la Sección de la Porcelana de la “Fundación Generalísimo Franco”; D. Antonio Flores Pleite, Director de “Laboratorio Luyma, S. L.”; D. Salvador Fernández Muro, Jefe de Laboratorio de “Porcelanas Giralt, S. A.” y D. Isidro Parga Pondal, Director de “Kaolines de Lage, S. L.”, las facilidades obtenidas en sus respectivas empresas y el habernos proporcionado todos los materiales necesarios para el presente trabajo.”

²⁸⁹ Rivoir, L. (1950), “Análisis químico por rayos X. IV. Métodos de análisis cuantitativo de la raya testigo”, *Anales*, **46** (A), 78.

²⁹⁰ Un motivo añadido para la realización de estos trabajos de análisis químico por rayos X también pudo ser el hecho de que, hasta 1953, la Dirección del Instituto Alonso de Santa Cruz recayera en J. Casares Gil, a la sazón catedrático de Análisis Químico en la Universidad de Madrid y Jefe de la Sección de Química Analítica en el Instituto de Química Alonso Barba (CSIC).

²⁹¹ Acta de la sesión de la RSEFQ del 19 de febrero de 1940. *Anales*, **36** (II), 55.

²⁹² Abbad, M. y Gómez Ruimonte, F. (1955), “Determinación por rayos X de cuarzo y feldespato en el caolín”, *Publicaciones del Instituto de Física Alonso de Santa Cruz*, **9**, 66.

El segundo grupo de artículos es ya más numeroso (18) y corresponde a los trabajos propiamente de DEC.²⁹³ Lo primero que salta a la vista de este conjunto de trabajos, suficientemente extenso como para permitir una valoración al respecto, es que casi el 85% de los mismos se publicaron a partir de 1947.²⁹⁴ Independientemente de que el arranque de una línea de investigación y la puesta a punta del instrumental necesario para ello requiera su tiempo, máxime cuando se sale de una situación como fue la de la Guerra Civil española, este dato ilustra a la perfección la importancia que tuvo para las investigaciones en DEC y materias afines la primera reestructuración de la Sección, que pasó a ser dirigida por alguien realmente comprometido con este tipo de estudios.²⁹⁵ Respecto a la orientación de los diferentes trabajos, estos se centran exclusivamente sobre estructuras de compuestos inorgánicos,²⁹⁶ siendo la elección de los diferentes cristales fruto, generalmente, de las propuestas de Rivoir y Abbad.²⁹⁷ En el trabajo

²⁹³ Palacios, J. y Barasoain, J.A. (1940), "Estructura cristalina de los silicatos. La pirofilita.", *Revista de la Universidad de Madrid*, Tomo I; Rivoir, L. y Abbad, M. (1943), "La estructura del nitrato talioso rómbico", *Anales*, **39**, 306-331; Abbad, M. y Rivoir, L. (1945), "Acerca de la estructura del ditionato bórico bihidratado", *Anales*, **41**, 191-199; Garrido, J. (1945)a, "Sur des cristaux de gypse pressentent des fantomes de croissance", *Boletín de la Sociedad Geológica de Portugal*; Garrido, J. (1945)b, "Classification of crystal forms", *Publs. Museu e laboratorio mineral. e geol. Faculdade Cienc. Porto*, nº52, 1-27; Abbad, M. y Rivoir, L. (1947), "La estructura del cromato talioso", *Anales*, **43**, 831-836; Rivoir, L. y Abbad, M. (1947), "La estructura del iodato talioso", *Anales*, **43**, 1051-1060; Rivoir, L. y Abbad, M. (1948), "La estructura del bromato talioso", *Anales*, **44** (A), 5-15; Santana, D. (1948), "Acerca de la estructura del iodato de plata", *Anales*, **44** (A), 557-566; Garrido, J. (1948)a, "Observations on the diffuse x-ray scattering of NaClO₃ crystals", *Acta Crystallographica*, nº1, 3-4; Garrido, J. (1948)b, "Note on the crystallography of cantaridine", *Acta Crystallographica*, nº1, 140; Smith, P. y Martínez Carrera, S. (1951), "La estructura del clorato talioso", *Anales*, **47** (A), 89-94; Gomis, V. y García-Blanco, S. (1951), "La estructura del clorato de rubidio", *Anales*, **47** (A), 95-100; García-Blanco, S. (1953), "Aplicación de la función mínima de Buerger a la estructura del ditionato bórico bihidratado", *Anales*, **49** (A), 185-186; García Blanco, S. y Gomis, V. (1953), "Acerca de la estructura del ditionato bórico bihidratado. II. Simetría, grupo espacial y coordenadas del átomo pesado", *Anales*, **49** (A), 107-114; García-Blanco, S., Gomis, V. y Abbad, M. (1953), "Acerca de la estructura del ditionato bórico bihidratado. III. Determinación de las coordenadas de todos los átomos por medio de proyecciones de Patterson y Fourier", *Anales*, **49** (A), 115-126; Fernández, R. y López de Lerma, J. (1955), "La estructura del ortoarseniato amónico magnésico hexahidratado. I. Determinación de la proyección centrosimétrica", *Anales*, **51** (A), 19-28; Fernández, R. y García-Blanco, S. (1955), "La estructura del ortoarseniato amónico magnésico hexahidratado. II. Determinación de una proyección no centrosimétrica y establecimiento de la estructura completa", *Anales*, **51** (A), 29-40. Tenemos constancia de un trabajo más (Castejón, J., "Acerca de la estructura del tiosulfato talioso"), presentado en la sesión de la RSEFQ del 14 de abril de 1950 pero no publicado finalmente. v. *Anales*, **46** (II), 45.

²⁹⁴ Si omitimos ahora el primero de ellos (justificadamente, ver nota 277), tan sólo tres de los trabajos son anteriores a 1947.

²⁹⁵ Si bien Rivoir ya se ocupó, en la práctica, de dirigir los trabajos en DEC de la Sección durante los años anteriores, no es menos cierto que su ascenso a Jefe de la misma coincidió en el tiempo con la llegada de un nutrido grupo de investigadores que se centrarán en DEC, causa más que razonable del referido incremento en la producción durante los años posteriores.

²⁹⁶ El primer artículo sobre un compuesto orgánico no aparecería hasta 1958: García-Blanco, S. y Martínez Carrera, S. (1958), "La estructura cristalina del imidazol. I. Constantes cristalográficas y proyección de la estructura", *Anales*, **54** (A), 75-77.

²⁹⁷ Si bien a veces otros grupos de investigación proponían algún compuesto para su estudio, esto no era la norma y, en todo caso, no había dinero de empresas para incentivar unas investigaciones por encima de otras. El concurso manifiesto de compañías farmacéuticas en la propuesta de compuestos a analizar no

experimental se empleará, en su mayoría, la combinación de las técnicas de Weissenberg y cristal giratorio, aunque también se usará el método de Debye-Scherrer con aquellos compuestos poco solubles de los cuales, en consecuencia, resulte difícil obtener buenos monocristales.²⁹⁸ En relación con los difractómetros disponibles, si bien es verdad que la Sección heredó los antiguos aparatos de la Cátedra Cajal, no es menos cierto que el altísimo ritmo en el perfeccionamiento de los instrumentos de medida acaecido en este tipo de estudios hacía que sólo se pudiera mantener un puesto de vanguardia en DEC mediante una constante renovación de los equipos, situación inviable para la Sección y para toda la España del momento. Por si fuera poco, parece que Palacios no ayudó en exceso a los investigadores en DEC a hacer uso del instrumental disponible.²⁹⁹ En cuanto a los métodos de cálculo, a partir de comienzos de la década de 1950 se aplicarán los métodos bidimensionales de Patterson y de Fourier, utilizando las tiras de Beevers y Lipson. Hay que subrayar que éstas fueron preparadas por los mismos investigadores de la Sección, ayudados por una Técnica de Dibujo, pues no había suficientes medios económicos para adquirirlas.³⁰⁰ La mecanización en la utilización de las tiras en cuestión, sin embargo, no llegaría hasta unos años después y sería gracias al contacto con el extranjero, concretamente en 1958 y con motivo de una estancia efectuada por Martínez Carrera en Amsterdam. Por aquel entonces, en Holanda se utilizaban ya las tiras de Beevers y Lipson reconvertidas a fichas perforadas, las cuales se introducían en un panel tabulador (paneles de suma y resta, no todavía computadoras). Como vimos, una de las consecuencias de esta mejora en el proceso de cálculo fue el permitir los comienzos del tedioso sumatorio de las series de Fourier

tendría lugar hasta el inicio de los trabajos sobre compuestos orgánicos. Entrevista con S. Martínez Carrera.

²⁹⁸ Respecto a las características técnicas de las diferentes cámaras no disponemos de tantos datos como en la Cátedra Cajal. De los detalles referidos en los diferentes artículos, se desprende que las primeras cámaras de Weissenberg utilizadas son del tipo Weissenberg-Torroja, esto es, construidas por Juan María Torroja en el Instituto Leonardo Torres Quevedo de Material Científico (v. Rivoir, L. y Abbad, M. (1943)), mientras que unos años después ya se dispone de otras cámaras comerciales (cámara Weissenberg Unicam, en Santana, D. (1948)). Las cámaras de Debye-Scherrer usadas son todas marca Siemens.

²⁹⁹ Según S. Martínez Carrera, cuando ella se incorporó al grupo (1949), Palacios tenía un conjunto de aparatos de difracción guardados en una sala, de la cual sólo él tenía llave. Si bien dice desconocer si esta había sido la tónica general antes de su llegada, Martínez Carrera asegura que dicha situación se perpetuó durante el resto de años del período por nosotros considerado, con las consecuentes limitaciones para el desarrollo de las investigaciones en DEC llevadas a cabo por los integrantes de la Sección (Entrevista con S. Martínez Carrera). Si bien para estas fechas, como hemos visto, Palacios repartía su tiempo entre el Alonso de Santa Cruz y sus actividades en Lisboa, parece claro que todavía gozaba de cierta ascendencia sobre Rivoir, pese a ser éste oficialmente el Jefe de la "Sección de Rayos X".

³⁰⁰ Josefina Marquerie se había incorporado al grupo en 1948 en calidad de Técnica de Dibujo. García-Blanco et. al. (1990), 8.

tridimensionales. Siendo todas las estructuras cristalinas determinadas por la “Sección de Rayos X” durante el período 1940-55 de tipo bidimensional, no sería hasta el retorno de Martínez Carrera que en España se podría comenzar a emprender investigaciones tridimensionales, al ser aquella obsequiada por los holandeses con uno de los referidos paneles.³⁰¹ Para acabar con este segundo grupo de artículos, hay que decir que no obstante el número de estructuras elucidadas por la Sección durante el período considerado, un análisis de los trabajos revela una poca diversidad en ellos, al abundar las investigaciones de tipo repetitivo consistentes en aplicar las mismas metodologías de manera sistemática a diferentes compuestos. Finalmente, resulta ineludible mencionar una obra que tuvo una influencia decisiva en las investigaciones en DEC en toda España.³⁰² El libro en cuestión llenó un vacío en la bibliografía de habla hispana, como se encargó de subrayarlo en el Prólogo el mismo Palacios:

“Para aprender los fundamentos de la aplicación de los rayos de Roentgen a la determinación de la estructura íntima de los materiales sólidos, no teníamos un solo libro en nuestro idioma. Había que recurrir a libros extranjeros.”

Tras su publicación, constituyó el manual de consulta básico de todos los investigadores españoles en DEC hasta bien entrada la década de 1960, como lo prueban las innumerables referencias de que fue objeto durante todo ese tiempo. El nivel de impacto alcanzado por el libro de Garrido y Orland no se explica simplemente por la cuestión lingüística, pues dicha obra tuvo el honor de ser reseñada, nada menos que en *Acta Crystallographica*, en los siguientes términos:³⁰³

“Dans cette période de pénurie et de restrictions, on est heureux de consulter ce livre, abondamment illustré, avec des tables de matières et d’auteurs commodes ... Je ne doute pas qu’il soit très utile au public auquel il s’adresse, qui est celui des étudiants de recherche ... Il fait grandement honneur à MM. Garrido et Orland.”

El tercer grupo de artículos (11) comprende una serie de trabajos de corte más metodológico acerca de las dos cuestiones más problemáticas para los estudios en DEC: el desarrollo de métodos matemáticos y gráficos aplicados al estudio de estructuras y el

³⁰¹ Entrevista con S. Martínez Carrera. Como ella misma nos dijo, “para esa época [se refiere a mediados de la década de 1950] estábamos como locos por hacer algo en tridimensional”. Posteriormente llegarían a España las computadoras, no disponiendo de ellas la “Sección de Rayos X” del Alonso de Santa Cruz hasta mediados de la década de 1960.

³⁰² Garrido y Orland (1946).

³⁰³ *Acta Crystallographica* (1948), **1**, 48.

perfeccionamiento de las diferentes técnicas instrumentales.³⁰⁴ Un análisis de dichos artículos muestra dos cosas. En primer lugar y al igual que en otros países, existió también en la Sección un interés por aportar soluciones a estas dos cuestiones críticas, aparte de avanzar en la determinación sistemática de estructuras de compuestos. En segundo lugar, este interés se manifestó con bastante retraso, habida cuenta de que ninguno de los artículos referidos es anterior a 1950.³⁰⁵

Comentando un poco los trabajos, en cuanto a los métodos de cálculo se diseñó y construyó una máquina sumadora mecánica para el cálculo de términos de las series de Fourier, para la cual cosa se contó con la colaboración de otras Secciones del Alonso de Santa Cruz:³⁰⁶

“Damos las gracias a D. Ángel González del Valle [Jefe de la “Sección de Cálculo Electrónico”] por las sugerencias que nos hizo al iniciar el proyecto, y a los Jefes de los Talleres de este Instituto, D. Antonio López y D. Florentino Reyes, así como al personal de los mismos que han construido una gran parte de los elementos que constituyen esta máquina.”

Vale la pena valorar el esfuerzo por desarrollar tecnología con esta finalidad, máxime cuando apenas tres años atrás, en España estos métodos para la reducción del volumen de cálculo ni tan siquiera se habían aplicado:³⁰⁷

“En España no se habían empleado hasta la fecha [1950] métodos de cálculo mecánico para resolver estos problemas [se refiere a las tediosas operaciones de cálculo en DEC] y los contados casos de estudio por medio de series de Fourier que se habían llevado a cabo habían sido efectuados directamente, ayudados por una simple máquina de calcular.”

³⁰⁴ Garrido, J. (1945), “Sobre las ventajas de la notación de Mauguin para la descripción de las estructuras cristalinas”, *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, **43**, nº6, 307-314; Agudo, M.C. (1950), “Sobre el cálculo de estructuras cristalinas por medio de las series de Fourier”, *Anales*, **46** (A), 205-214; Rivoir, L. y Abbad, M. (1950), “Método para la determinación de la posición de los átomos pesados en el estudio de estructuras cristalinas”, *Anales*, **46** (A), 321-322; Huerta, F. (1951), “Método del cristal giratorio con película giratoria”, *Anales de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, Año XVI, 446-450; Huerta, F. (1952), “Sistematización del estudio de los diagramas de cristal giratorio”, *Anales*, **48** (A), 135-147; Huerta, F. (1952), “Una cámara de rayos X con movimiento helicoidal”, *Anales*, **48** (A), 147-152; Huerta, F. (1952), “Sobre una generalización del método de Garrido para la interpretación de los diagramas de Weissenberg”, *Anales*, **48** (A), 109-110; Huerta, F. y Casals, J.M. (1952), “Un método gráfico para sumar series de Fourier”, *Anales*, **48** (A), 238-243; Montes, J. y Abbad, M. (1953), “Máquina eléctrica para efectuar algunos cálculos que intervienen en la determinación de estructuras cristalinas”, *Anales*, **49** (A), 173-180; Huerta, F. y Asensio, I. (1953), “Un método gráfico directo para la interpretación de los diagramas de polvo cristalino”, *Anales*, **49** (A), 263-268; Huerta, F. (1953), “Clasificación y examen comparativo de las cámaras de cristal giratorio”, *Anales de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, Año XVIII, 481-497.

³⁰⁵ El artículo de Garrido, J. (1945), también metodológico, tenía que ver con un tipo de cuestiones ajenas a los métodos de cálculo.

³⁰⁶ Montes, J. y Abbad, M. (1953), “Máquina eléctrica para efectuar algunos cálculos que intervienen en la determinación de estructuras cristalinas”, *Anales*, **49** (A), 180.

³⁰⁷ Agudo, M.C. (1950), “Sobre el cálculo de estructuras cristalinas por medio de las series de Fourier”, *Anales*, **46** (A), 205.

En cuanto a las aportaciones en materia de cuestiones instrumentales, la Sección tuvo su principal activo en la persona de Fernando Huerta, autor de 7 trabajos, aparte de un libro sobre los mismos temas.³⁰⁸ Huerta, además de divulgar en España métodos de interpretación de diagramas y nuevos instrumentos de medida, ideó hasta tres cámaras diferentes para difracción de rayos X.³⁰⁹ En la más conseguida de ellas, la denominada cámara por método helicoidal, sustituyó el movimiento de traslación de la película en el método de Weissenberg por un movimiento helicoidal. Según Huerta, el método helicoidal, si bien a costa de una mayor complejidad mecánica, ofrecía algunas ventajas en la interpretación y simetría de los diagramas con respecto al método de Weissenberg, mientras que las otras dos cámaras facilitaban la medida de los ángulos. Estos tres nuevos métodos se idearon jugando con la utilización de movimientos sencillos de la película, que no habían sido usados anteriormente. Sin embargo, Huerta no llegaría a construir las citadas cámaras, prefiriendo publicar los detalles de su estructura sin esperar a su fabricación, convencido de que se apreciaría la importancia de su aportación. Sin embargo, su proyecto de cámara helicoidal sería valorada años después del siguiente modo:³¹⁰

“An unfortunate anachronism occurred in the development of the Weissenberg method. Annoyed by the nonsymmetrical appearance of symmetry in the Weissenberg photograph, F. Huerta showed that, by giving the cylindrical Weissenberg camera a screw motion, rather than only a translation motion, the intersecting lines of symmetry of reciprocal space could be preserved as true symmetry in the Weissenberg photograph. But this was only achieved by complicating an already complicated mechanism. Meanwhile precession cameras with their more faithful symmetry reproduction were already replacing Weissenberg cameras, so the helicoidal Weissenberg motion never became popular. It probably would have achieved popularity if presented twenty years earlier.”

Las modernas cámaras de precesión no llegaron a Madrid durante el período aquí considerado. La brillante idea de Huerta, pues, cayó en saco roto a causa del atraso español en la recepción de los instrumentos de medida usados por los cristalógrafos de vanguardia.

³⁰⁸ Huerta, F. (1955). El libro es un compendio de sus trabajos anteriores.

³⁰⁹ Los detalles de las mismas y un análisis comparativo entre diferentes cámaras pueden verse en Huerta, F. (1953), “Clasificación y examen comparativo de las cámaras de cristal giratorio”, *Anales de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, Año XVIII, 481-497.

³¹⁰ Lima-de-Faria ed. (1990), 113. La cursiva es nuestra.

Finalmente, de entre los artículos producidos por miembros de la “Sección de Rayos X” hay dos que, en rigor, no es posible ubicarlos en ninguno de los tres grandes grupos mencionados.³¹¹ Como sus títulos dan a entender, tienen por objeto el estudio de compuestos metálicos, y son una muestra del tímido interés con que la metalografía acogió en España a las técnicas de difracción de rayos X tras la Guerra Civil. Más adelante valoraremos el grado en que el sector metalúrgico español hizo uso de la difracción de rayos X en sus propias instituciones. Por ahora, limitémonos a señalar que el coautor de ambos artículos, Rivoir, trabajó en el Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica (INTA) durante el período considerado.³¹² Es más, el segundo de los artículos está firmado como producido por el Laboratorio de Rayos X del Departamento de Materiales de dicha institución. Junto con estos dos trabajos de marcado carácter aplicado, conviene comentar una obra de otro de los integrantes de la Sección, por su clara voluntad de crear vínculos entre la difracción de rayos X y la industria.³¹³ El libro, aparte de constituir un buen compendio de los diferentes aspectos que integran las investigaciones por difracción de rayos X, cuestión no menor pues las traducciones al español de obras similares no eran precisamente abundantes por aquellos tiempos, incluye un largo apéndice titulado “Algunas aplicaciones de la difracción de rayos X en la investigación y en la industria”. En él, se refieren ejemplos del sector metalúrgico (estudio de aleaciones, desarrollo de cristales en los materiales refractarios aislantes), de la industria textil o de sus múltiples usos en laboratorios industriales de química orgánica. Ni que decir tiene que de las abundantes aplicaciones referidas, sólo una es localizada en España por el autor. No resulta extraño pues que, en el Prólogo, la obra en cuestión se presentara como

“una obra de un valor grande, no sólo para los que nos dedicamos a la investigación roentgenográfica, sino, de manera especial, para aquellas personas que, ligadas estrechamente a la industria y a la técnica, quieran conocer los fundamentos de un método analítico de gran valor.”

En último lugar, aunque ya se ha mostrado sobradamente la orientación de los trabajos realizados en el seno de la Sección, tiene también su interés ofrecer la relación

³¹¹ Abbad, M. y Rivoir, L. (1941), “Contraste fotométrico máximo y su aplicación a la técnica de radiografía de materiales metálicos. Determinación del tamaño de los defectos internos de homogeneidad”, *Anales*, **37**, 419-441; Calvo, R. y Rivoir, L. (1951), “Asterismo en probetas policristalinas de aluminio curvadas”, *Anales*, **47** (A), 5-6.

³¹² Si bien Rivoir no es mencionado en la obra de Sánchez Ron (1997) dedicada al INTA, S. Martínez Carrera nos desveló su vinculación, como también la de Gómez Ruimonte. De la referida actividad de Garrido en el INTA (nota 282) sí hay constancia en Sánchez Ron (1997), v. 127.

³¹³ Asensio (1955).

de Tesis Doctorales presentadas durante estos quince años. Fueron ocho: J. Castejón (1948), “La estructura del tiosulfato de talio”; S. García-Blanco (1952), “La estructura del ditionato de bario bihidratado”; A. Rodríguez Pedrazuela (1952), “La estructura del hiposulfito de magnesio hexahidratado”; F. Huerta (1952), “Estudio general de los diagramas y cámaras de cristal giratorio. Nuevos tipos de cámaras de rayos X.”; F. Gómez Ruimonte (1954), “Estudio por rayos X de algunas porcelanas españolas”; R. Fernández González (1954), “La estructura del ortoarseniato amónico-magnésico hexahidratado”; J. Ors (1954), “Métodos para la determinación de la radiación difusa en metales que están sometidos a un haz de rayos X”; S. Martínez Carrera (1955), “Estructura del ditionato de sodio dihidratado”.

Para acabar con el análisis de los trabajos de la Sección, vale la pena fijarse en las revistas en las que se publicaron los artículos. Al hacerlo, nos damos cuenta de que un 73 % de los mismos utilizaron como órgano de expresión los *Anales de la RSEFQ*. No es menos oportuno subrayar que todos los artículos que se publicaron en esta revista lo hicieron en la Serie A (Serie Física),³¹⁴ pese a que la formación de la mayoría de los firmantes era en Ciencias Químicas.

Otro referente para la divulgación de las investigaciones de la Sección fueron las *Publicaciones del Instituto de Física Alonso de Santa Cruz*. Pese a que en el listado de trabajos esta revista sólo aparece con un artículo, esto es debido a que, por norma general, todos los artículos aparecidos en ella se publicaron igualmente en los *Anales*, siendo el artículo en cuestión la única excepción encontrada para el período considerado. Las *Publicaciones del Instituto de Física Alonso de Santa Cruz* se comenzaron a editar, anualmente, a partir del año 1947, dentro de la tónica general de la época según la cual los diferentes Institutos del CSIC impulsaron la publicación, a título propio, de los trabajos realizados en ellos. La revista no sólo incluía artículos de la sede central en Madrid, sino que también dio cobijo a sus delegaciones en el resto de provincias. Hay que decir que los trabajos en DEC realizados desde la “Sección de Rayos X” constituyeron un porcentaje importante del total de artículos contenidos en la publicación del Instituto. Pese a no poder catalogar más que de positiva la iniciativa de impulsar la edición de una revista, causa un poco de desazón el hecho de que en la práctica se diera una duplicidad en los órganos de expresión de los trabajos del Instituto. Ahora bien, conviene tener presente que, en el contexto de la época, la publicación de

³¹⁴ Esta terminología apareció en 1948, año a partir del cual los *Anales* se dividieron en dos, siendo la Serie B la dedicada a la Química.

una revista y el consiguiente intercambio de publicaciones que a través de ella se podía establecer era uno de los medios principales de conseguir fondos bibliográficos. Esta fue, de hecho, la manera más usual de obtener publicaciones periódicas especializadas hasta la aparición de las revistas de editor comercial, que hicieron su irrupción en la década de 1960. Así, además de dar a conocer los trabajos realizados en el seno del Instituto, las revistas de edición propia permitieron relaciones científicas de colaboración a través del intercambio.³¹⁵

Por su parte, el *Boletín de la RSEHN*, que había tenido su importancia para la divulgación de los trabajos en DEC antes de la Guerra Civil, tan sólo aparece en la lista con un artículo, debido a Garrido. Sin embargo, ésta había sido la tónica de funcionamiento en la antigua Sección del LIF-INFQ que, como vimos, prefirió los *Anales* a revistas del área de las Ciencias Naturales para la publicación de sus trabajos. De nuevo, la anteriormente mencionada falta de naturalistas en el nuevo grupo de investigación ayuda a explicar este hecho.

Un último dato que revela el examen del listado de artículos es la casi total ausencia de publicaciones en revistas extranjeras. De hecho, el único de los componentes de la Sección que se prodigó en el extranjero durante estos años fue precisamente Garrido.³¹⁶ Este autor, aparte de ver reseñado su manual de cristalografía, tuvo el privilegio de figurar en el primer número de *Acta Crystallographica* con dos contribuciones,³¹⁷ aparte de dos publicaciones más en revistas portuguesas.³¹⁸ Estos datos dejan entrever algo acerca del prestigio que este cristalógrafo español adquirió durante la década de 1940. No fueron éstas las únicas publicaciones de Garrido en el extranjero, pero su breve pertenencia a la “Sección de Rayos X” del Alonso de Santa Cruz aconseja no incluir el resto de sus trabajos en el conjunto de la producción de la

³¹⁵ En la mentalidad de la época, el intercambio de revistas con el extranjero parece que tenía, a veces, que justificarse de algún modo extraño. Así se expresaba en 1950 Manuel Lora Tamayo, presidente de la RSEFQ, en relación con los *Anales de la RSEFQ*: “Ha aumentado el área de intercambios de nuestros *Anales*, a requerimiento siempre de Sociedades extranjeras”. v. *Anales*, **46** (II), 80. La cursiva es nuestra.

³¹⁶ Aunque el primer trabajo publicado en una revista extranjera por el resto de investigadores no apareció hasta 1956 (Rivoir, L., Martínez Carrera, S. y García-Blanco, S. , “Cristal structure of sodium dithionate dihydrate”, *Acta Crystallographica*, **9**, 145-150), esto no sería lo usual hasta bien entrada la década de 1960.

³¹⁷ Garrido, J. (1948)a, (1948)b. v. nota 293. Sin embargo, el primer artículo contiene un considerable error, de cuya inadvertencia se lamentaría años más tarde el editor de la revista: “I had saved a paper by Garrido for the first issue as its first paper. Two years later W. A. Wooster showed that it was all wrong, namely conflicting with the symmetry of the crystal. A good editor should have noticed that!”, v. Ewald (1977), 3.

³¹⁸ Garrido, J. (1945)a, (1945)b. v. nota 293.

Sección.³¹⁹ No obstante, parece oportuno hacer un breve paréntesis en nuestra exposición y aprovechar la circunstancia para glosar brevemente el itinerario seguido por este investigador después de la llegada del nuevo régimen a España, pues su caso creemos que merece una consideración aparte. Como ya comentamos, Garrido permaneció en la Sorbona durante toda la Guerra Civil, período durante el cual aprovechó para formarse con los mejores cristalógrafos franceses y estrechar los lazos con la Sociedad Francesa de Mineralogía, de la que era miembro desde 1933. Al estallar la Segunda Guerra Mundial, decide volver a España y preparar las oposiciones a la cátedra de Cristalografía. Lo que pasó en la oposición lo ha descrito Brú de la siguiente manera:³²⁰

“Viene con gran ilusión y sucede lo increíble, se le elimina en el segundo ejercicio, justo el que lleva por título “Conceptos, métodos y fuentes de la asignatura”. ¿Puede cometerse mayor dislate? ¿Dudar de la capacidad de quien se ha pasado la vida sumergido en la Cristalografía y dictando normas sobre esta disciplina? Los mejores cristalógrafos del mundo entero no llegaron a comprender aquello ...Garrido fue injustamente olvidado e intencionadamente ignorado en un momento crucial para el desarrollo de la Ciencia en España, que menospreció la enorme valía de un hombre que a diario estaba dando prestigio a su patria.”

Tras el fallido intento por ingresar en la vida académica española, entró a trabajar en la compañía petrolífera “Socony Vacuum Oil”, que en España operaba a través de CIEPSA, como geólogo de campo. Con motivo de este trabajo publicó diversos artículos sobre la geología y la paleontología españolas, sin por eso descuidar sus investigaciones cristalográficas, que harían que reanudara sus colaboraciones con Rivoir en la nueva “Sección de rayos X”. En 1946 deja CIEPSA al ganar las oposiciones como Ingeniero Especialista en el INTA, donde se encargaría del laboratorio de microscopía electrónica. Tras tres años en su nuevo puesto, en 1949 acepta una propuesta para trabajar en las misiones de la UNESCO en Sudamérica, situación que se prolongaría por unos diez años. No obstante, durante su periplo sudamericano, aunque con menos intensidad, Garrido no dejó completamente de lado sus estudios cristalográficos,³²¹

³¹⁹ v. nota 282.

³²⁰ Brú (1982)b, 46.

³²¹ Como lo prueba la publicación de los siguientes artículos en revistas de prestigio: “Morphology of some crystals with a pseudosymmetrical structure” (1949), *Acta Crystallographica*, nº2, 197-201; “Crystal structure of chromiferous chlorite” (1949), *Bulletin de la Soc. Franc. Mineral. et Crist.*, **72**, 549-570; “Uniqueness in the determination of crystal structures”, *Bulletin de la Soc. Franc. Mineral. et Crist.*, **74**, 397-431. Además, publicó un libro en colaboración dedicado a tablas para la determinación de minerales por rayos X: Garrido y Torre de Assunção (1953). No está de más reproducir el último párrafo de la reseña de dicha obra en nuestro país, pues permite entrever las condiciones para la divulgación de las

aprovechando sus estancias en diferentes países para crear Institutos de Cristalografía y colaborar con los ya existentes,³²² al tiempo que conservaría su estrecha vinculación con la Sociedad Francesa de Mineralogía, de la cual sería designado Vicepresidente en 1953.³²³

Tras haber comentado extensamente las diferentes orientaciones de los trabajos producidos desde la Sección y las revistas en las cuales se publicaron, es momento de exponer los medios económicos de los que dispuso el grupo, para así poder ponderar con un poco más de criterio la labor realizada. Sin embargo, un análisis de los Presupuestos del CSIC no puede mostrarse más que orientativo a este respecto, pues hasta 1950 no aparecen como separados los presupuestos del Instituto de Física Alonso de Santa Cruz y el Instituto de Química Alonso Barba.³²⁴ Aún con estas salvedades, la impresión que ofrecen las cantidades barajadas es que se trató de manera bastante generosa a las mencionadas secciones, teniendo en cuenta la situación económica del momento. Así, las cantidades asignadas conjuntamente a ambos centros sería de 351.000 ptas para 1941 y de 485.536,95 ptas para 1942.³²⁵ En los años sucesivos estas cifras sólo hicieron que crecer,³²⁶ y para 1950 el Instituto de Física Alonso de Santa Cruz dispondrá ya de 256.165,76 ptas para él solo,³²⁷ que serían 454.137,06 ptas anuales para el binomio 1952-1954.³²⁸ Los Presupuestos del CSIC se muestran igualmente incompletos tanto en lo que respecta al detalle de las cantidades asignadas a la compra de instrumentos científicos, como al tipo de aparatos adquiridos. A diferencia de lo que sucede con los Estados de Cuentas presentes en las *Memorias de la JAE*, más ricas en estos aspectos, de un análisis de los Presupuestos del CSIC incluidos en sus *Memorias* no es posible inferir gran cosa sobre el nivel de dotación instrumental de sus

investigaciones cristalográficas en España a comienzos de la década de 1950: “Felicitamos a los autores y sólo lamentamos que la obra no haya sido publicada en España y en nuestro propio idioma, para satisfacción y orgullo del que la comenta, ya que hace unos años tuvimos la ocasión de sugerir la idea de editar un libro análogo y no nos hicieron el menor caso.” La reseña corresponde a I. Asensio Amor, v. *Boletín de la RSEHN* (1954), t. 52, 139-140.

³²² De hecho, muchos de los futuros profesores de cristalografía en Sudamérica habían estado discípulos de Garrido durante este período. v. Ríos (1976), 75.

³²³ Llegaría a ser Presidente en 1965, único caso de un extranjero que ha sido distinguido con este honor.

³²⁴ Donde además el dinero total debía repartirse entre las tres secciones del Alonso de Santa Cruz y las correspondientes al Alonso Barba.

³²⁵ *Memorias CSIC* (1942), 314; 364-365.

³²⁶ 620.000,21 ptas para el año 1945. *Memorias CSIC* (1945), 525.

³²⁷ En este año, el Presupuesto de la “Sección de Electricidad”, reconvertida ahora a Departamento de Electricidad del Alonso de Santa Cruz, aparece también detallado aparte, con un montante de 85.499,65 ptas.

³²⁸ *Memorias CSIC* (1952-54), 957.

centros, al no disponer aquellas de ninguna relación de compras ni de aparatos disponibles.

Un intento por completar la poca información extraída de los diferentes artículos, no siempre prolijos en detalles, consiste en consultar los apartados de las *Memorias del CSIC* destinados al Instituto Leonardo Torres Quevedo. Con un presupuesto nada desdeñable, el ITQ acometió su programa de construcción de instrumentos científicos.³²⁹ En lo que respecta a encargos para estudios en DEC, durante el período considerado encontramos los siguientes: construcción de tres cámaras para el estudio de estructuras cristalinas de cristal giratorio,³³⁰ reparación de un tubo desmontable de rayos X perteneciente al Alonso de Santa Cruz,³³¹ construcción de cinco cámaras de Weissenberg,³³² y construcción de una cámara Jong-Bouman.³³³ Sin embargo, tampoco puede decirse que el ITQ prestara una atención preferente a los estudios en DEC.³³⁴ Hay que decir, también, que la “Sección de rayos X” del Alonso de Santa Cruz no fue precisamente el destino final de todas las cámaras construidas por el ITQ.³³⁵ A la necesaria puesta al día en material instrumental había que añadir la existencia de los anteriores equipos de la Cátedra Cajal, de los que no se disponía en el resto de centros estatales.

Aparte de la dotación instrumental, otro indicador de los recursos de la Sección es el número de becas de que gozaron sus miembros, así como las ayudas extraordinarias para estancias en el extranjero. En cuanto al primer grupo de ayudas, no se puede decir que fueran éstas menores. De hecho, un gran número de los jóvenes colaboradores que ingresaron en la Sección a partir de 1947, lo hicieron de la mano de algún tipo de beca. Así, los habituales agradecimientos al final de los diversos artículos

³²⁹ Si bien el ITQ empezó con un presupuesto modesto (100.000 ptas en 1941, v. *Memorias CSIC* (1942), 315), éste creció de golpe: 474.999,44 ptas en 1942 (*Memorias CSIC* (1942), 367) y 616.061,21 ptas ya en 1945 (*Memorias CSIC* (1945), 531). De todos modos, no hay que olvidar el elevado número de centros a atender por el ITQ.

³³⁰ La primera en 1942, las otras dos en 1949. *Memorias CSIC* (1942), 260-261; (1949), 315. La descripción de las mismas como “cámara por el método de Bragg” es un error, como se desprende de un análisis de los detalles técnicos.

³³¹ *Memorias CSIC* (1943), 281.

³³² La primera en 1944, las otras cuatro en 1949. *Memorias CSIC* (1944), 293; (1949), 315.

³³³ *Memorias CSIC* (1949), 314.

³³⁴ Por ejemplo, sólo en un año el ITQ atendió hasta “14 trabajos especiales” para Hernández-Pacheco (v. *Memorias CSIC* (1944), 292.) Sin embargo, también hay que tener en cuenta el elevado coste de los difractómetros de rayos X.

³³⁵ Como más adelante comprobaremos, la cámara de Jong-Bouman, así como una de las de cristal giratorio y, al menos dos de las cámaras de Weissenberg, irían a parar al grupo de Pardillo en la Universidad de Barcelona; la primera de las cámaras de Weissenberg recalaría en la Sección de Zaragoza del Alonso de Santa Cruz. v. *Memorias CSIC* (1945), 363.

publicados permiten asegurar que, como mínimo, las diferentes personas contaron con beca para llevar adelante sus investigaciones:

V. Gomis, S. García-Blanco, P. Smith, A. Rodríguez Pedrazuela, J. López de Lerma (becas del Patronato Juan de la Cierva); D. Santana (beca del Ministerio de Marina).

Las becas del PJC, por cierto, eran bastante más cuantiosas que las ayudas ordinarias también ofrecidas por el mismo CSIC.³³⁶

En cuanto a las becas para estancias en el extranjero, no fueron tan numerosas y no sería hasta mediados de la década de 1950 que comenzarían a poder gozar de ellas otros investigadores diferentes del Jefe de la Sección. Así, tenemos constancia de varias pensiones de corta duración otorgadas a L. Rivoir a lo largo de todo el período,³³⁷ junto con dos becas más concedidas a M. Abbad³³⁸ y a S. García-Blanco. La concedida a este último (1954), de seis meses de duración, revistió mayor importancia que todas las demás, por tratarse de una estancia en el Laboratorio de Cristalografía del Massachussets Institute of Technology junto a M. J. Buerger.³³⁹ De hecho, sería a la vuelta de García-Blanco cuando se decidió la segunda reestructuración de la Sección, pasando el joven investigador a dirigir el laboratorio de Estructuras Orgánicas.

Estas menciones a las estancias fuera de nuestras fronteras, dan paso a considerar el nivel de relaciones con los investigadores de la comunidad internacional, cuestión de comprensible interés habida cuenta del aislamiento español durante el primer franquismo. Si bien este tema lo contemplaremos más adelante, tomando en su conjunto todos los grupos españoles de investigación en DEC, nos limitaremos ahora a señalar que las visitas de profesores extranjeros a las instalaciones de la “Sección de Rayos X” del Alonso de Santa Cruz no empezaron a tener lugar hasta 1952, año en que M. J. Buerger accedió a dar un par de conferencias y a dirigir varios coloquios con el personal del centro. El impulso que la visita de Buerger dio a los estudios en DEC de la Sección fue notable, creándose no menos interesantes vínculos.³⁴⁰ En 1953 tuvieron

³³⁶ Mientras que las becas ordinarias del CSIC eran del orden de las 250 ptas/mes, las becas del PJC estaban sobre las 1.000 ptas/mes. Entrevista con S. Martínez Carrera.

³³⁷ Inglaterra (1948), visitando los laboratorios de rayos X de mayor importancia del país; Universidad de Lisboa (1953), para estudiar el método del cristal curvo en espectroscopia de rayos X; Holanda (1955), visitando los laboratorios de rayos X de Eindhoven, Utrecht, Groningen, Ámsterdam y Delft. *Memorias CSIC*: (1948), 230; (1943), 257; (1955-57), 561.

³³⁸ En el caso de Abbad fue producto de una invitación (1953) de la Comisión de Intercambio de Universidades Extranjeras de Londres. *Memorias CESIC* (1952-54), 901.

³³⁹ *Memorias CESIC* (1952-54), 901.

³⁴⁰ Como lo prueba el artículo de S. García-Blanco (1953), v. nota 293. Los contactos establecidos en esta visita, a su vez, permitieron la mencionada estancia de García-Blanco dos años más tarde. También, en los *Anales* encontramos un trabajo del propio Buerger, traducido por Abbad y García-Blanco: Buerger,

lugar nuevas visitas: W. H. Taylor, del Cavendish Laboratory de Cambridge; Prof. Laval, del Colegio de Francia de París; Lipson, del College of Technology de Manchester; Prof. Jeffrey, de la Universidad de Leeds.

Para terminar con las actividades desarrolladas en el seno del Instituto de Física Alonso de Santa Cruz, hay una última cuestión que merece una especial atención por nuestra parte: la creación, en 1953, de la “Sección del Estado Sólido”. La composición de la misma fue la siguiente.³⁴¹

José Baltá Elías (Jefe de Sección); Santos Amer Amézaga, Juan Antonio Gómez García (Ayudantes); Federico García Moliner, Ángel Esteve Pastor (Becarios).

Como indica la relación de nombres, ninguno de sus componentes provenía del grupo de investigación en DEC. Es más, no habría prácticamente ninguna relación de carácter científico entre ambos equipos.³⁴² El motivo hay que encontrarlo en la orientación del nuevo grupo de investigación, marcadamente teórica, como reflejan los trabajos de investigación llevados a cabo.³⁴³

García Moliner emprendió investigaciones teóricas sobre el transporte electrónico en los metales en presencia de un campo magnético, mientras que Esteve realizó un trabajo sobre “La aplicación del método de Feynmann para el tratamiento de la electrodinámica cuántica por medio de las integrales de los caminos”.

Finalmente, ya que en este largo apartado hemos dado cuenta de las investigaciones en DEC en Madrid, quizás venga al caso hacer un breve apunte respecto al otro de los dos centros madrileños que había concentrado cierta actividad en este tipo de estudios durante los años previos a la Guerra Civil: el Museo Nacional de Ciencias Naturales. Como ya vimos, no se llegó a consolidar en él un grupo de investigación en DEC. El exilio interior de Martín Cardoso, pero, sobre todo, la inexistencia de unas instalaciones adecuadas, fueron motivos más que suficientes, incorporándose al equipo de Palacios y Rivoir todo aquel investigador interesado en este tipo de estudios. Esta situación comenzó a cambiar en 1954, poco antes de la muerte de Martín Cardoso, con la instalación de un completo laboratorio de rayos X en el MNCN. Pese a su extensión, creemos que es interesante reproducir parte de un documento redactado para dar cuenta

M.J. (1954), “Proyecciones de Patterson de cristales simétricos”, *Anales*, **50** (A), 221-254. *Memorias CESIC* (1952-54), 901; García-Blanco et. al. (1990), 9.

³⁴¹ *Memorias CESIC* (1952-54), 898.

³⁴² Entrevista con S. Martínez Carrera.

³⁴³ *Memorias CESIC* (1955-57), 558.

de este hecho, al mostrar con detalle el nuevo equipamiento, aparte de trasladar una impresión acerca del estado de las investigaciones en DEC en España:³⁴⁴

“En nuestro país, a pesar del impulso dado a la investigación en estos últimos años y del creciente desarrollo adquirido en el terreno industrial, el empleo de las técnicas de difracción de rayos X es bastante escaso, sobre todo si nos fijamos en el limitado campo en el que se desenvuelven algunos investigadores, y se compara con la enorme extensión de sus aplicaciones. En las instalaciones de rayos X, montadas en diversos centros españoles, se vienen utilizando éstos con fines científicos y técnicos, aun cuando el reducido número de laboratorios que existe impide un mayor desenvolvimiento en estas actividades. Por otra parte, la bibliografía española, respecto al análisis por difracción de rayos X, es muy limitada; no obstante, nuestro retraso en estas cuestiones no descansa en la falta de conocimientos, sino en los medios de trabajo que se dispone. No podemos abandonar, por desconocimiento de los hechos y mucho menos si éstos son sobradamente conocidos, el vital interés que representa un tipo de investigación, como es la de los rayos X, en el amplio marco de sus aplicaciones. Es natural, por tanto, que mediante la aportación prestada por los organismos rectores de la propia investigación, se lleve a cabo una eficaz ayuda para intensificar el estudio de esta materia y nos permita alcanzar la altura que se encuentra en otros países. En este sentido se ha pronunciado la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid en estrecha colaboración con el Instituto “José de Acosta” del CSIC, contribuyendo a la creación de un Laboratorio de rayos X. El emplazamiento del laboratorio se proyectó en dos habitaciones del Museo Nacional de Ciencias Naturales, cedidas por dos de los organismos que en este centro tienen su desenvolvimiento: la Cátedra de Cristalografía y Mineralogía de la Facultad de Ciencias, y la Sección de Mineralogía del Instituto antes mencionado; una habitación fue destinada a la instalación de los aparatos, y la otra a estudio y trabajo. El aparato de rayos X es “Philips”, tipo 11.704, con unas características muy útiles y de gran comodidad para el trabajo; tres tubos acompañan al aparato que pueden utilizarse indistintamente, ya que no difieren más que en el elemento constitutivo del anticátodo; cada tubo va provisto de cuatro ventanas de micaberilio. Como elementos accesorios incluye dos cámaras cilíndricas para la técnica de polvo cristalino, una de 114,83 y otra de 57,54 mm. De diámetro, con dos sistemas de colimadores cada una; cámara plana con chasis de 80x80 mm., para propósitos de difracción y reflexión. Otros aparatos auxiliares, como ajustador de cámaras, dispositivo para el centraje de muestras, punzón y guillotina, completan el equipo de difracción. Independientemente de esta unidad de rayos X, el laboratorio ha adquirido: una cámara de polvo construida bajo la dirección del profesor Amorós Portolés en los laboratorios de rayos X del Instituto “Lucas Mallada” en Barcelona; una cámara Weissenberg en vías de construcción por los referidos laboratorios; el archivo de la *American Society for Testing Materials X-Ray Diffraction*, recibido a través del Instituto de Física de Londres; y material para revelado de películas de rayos X. Finalmente, el laboratorio completa su desarrollo con la adquisición de una serie de libros que constituye la biblioteca especializada en Cristalografía y Difracción de rayos X.”

³⁴⁴ Asensio (1954), 135-136.

El Jefe del nuevo laboratorio sería Isidoro Asensio Amor.³⁴⁵ El despliegue de actividades en DEC por los investigadores provenientes del ámbito de las Ciencias Naturales, a raíz de la construcción de dicha instalación, se vería reflejada por la aparición, de nuevo, de notas concernientes a la cristalografía en el *Boletín de la Real Sociedad de Historia Natural*,³⁴⁶ después de años de ausencia de las mismas, hecha excepción de alguna aportación de J. Garrido.

3.4 La reanudación de las investigaciones en la Universidad de Barcelona.

Tras el final de la Guerra Civil, los estudios de cristalografía también prosiguieron en la cátedra de Cristalografía y Mineralogía de la Facultad de Ciencias en la Universidad de Barcelona bajo la dirección del titular de la misma, Francisco Pardillo, que como vimos superó el proceso de depuración franquista sin sanción alguna. A diferencia del grupo que acabamos de tratar, el equipo barcelonés no elaboró Memorias a título propio de las actividades por ellos desarrolladas. Sin embargo, en 1943 se creó la “Sección de Cristalografía y Mineralogía”, dependiente del Centro de Investigaciones Geológicas Lucas Mallada (Patronato Ramón y Cajal, CSIC) y adscrita a la cátedra de Pardillo en la Universidad de Barcelona que, en la práctica, sería de hecho el mismo grupo de trabajo que operaba en la Universidad, vinculado de ahora en adelante también al CSIC.³⁴⁷

La primera composición del grupo fue la siguiente:³⁴⁸

Jefe: Francisco Pardillo Vaquer (naturalista). *Colaboradores:* Jaume Marcet Riba (naturalista), Josep Maria Font Tullot (naturalista), Alfredo San Miguel Arribas (naturalista, profesor de Petrografía en la Facultad de Ciencias) y Lluís Miravittles Millé

³⁴⁵ Aunque farmacéutico de formación, desempeñó siempre sus tareas docentes e investigadoras en el campo de la Geología. Asensio, I. (1954), “Contribución al estudio por rayos X del bromato de rubidio”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, 1, nº3, 173-175; Asensio, I. (1955), “Antecedentes y fundamento del difractor de rayos X”, *Revista Química*, mayo 1955; Asensio, I. (1955), “Técnicas de preparación y montaje de muestras para estudios con el difractor de rayos X”, *Revista Química*, noviembre 1955; Asensio, I. (1955), “Investigación por rayos X de algunos fosfatos de origen secundario hallados en Puerto de Son (Coruña)”, *Estudios Geológicos*, nº 25, 43-52.

³⁴⁶ Aparte de la referida nota de Asensio, aparecerían tres reseñas sobre obras de cristalografía en el volumen correspondiente a 1954, y dos en 1955; todas firmadas por Asensio Amor.

³⁴⁷ En consecuencia, las *Memorias de la Delegación del CSIC en Barcelona* nos han sido de mucha utilidad para reconstruir la historia del grupo en cuestión. Asimismo, también hemos usado las siguientes fuentes: Facultat de Geologia (ed.) (2003), las *Memorias del CSIC* y el documento inédito “Cristallografia i Mineralogia”, facilitado por Miquel Àngel Cuevas Diarte. En último lugar, hemos podido contrastar algunos datos gracias a la realización de entrevistas con las siguientes personas: Emma Sainz-Amor Alonso de Celada, Montserrat Martí Brillas, Margarita Pérez Peñasco, Carles Miravittles Torras, Miquel Àngel Cuevas Diarte, Joaquim Solans Huguet y Mercè Font Bardia.

³⁴⁸ *Memorias de la Delegación del CSIC en Barcelona* (1944), 16.

(farmacéutico, profesor en la Facultad de Farmacia). *Becarios*: Josep Lluís Amorós Portolés (naturalista) y Ana Invers Gelabert (naturalista).

En las mismas *Memorias*, la orientación del grupo es descrita como sigue:

“Las investigaciones que se efectúan en esta Sección abarcan todos los temas relacionados con la Cristalografía en general, con la Mineralogía en su aspecto puro, y el de la Mineralotecnia, y muy especialmente con la Röntgenología cristalográfica.”

Dentro de este variado enfoque, el núcleo de investigadores en cristalografía se reduciría inicialmente a cuatro, pues tanto Riba como San Miguel se interesaron básicamente por cuestiones de petrografía, centrándose por su lado Miravittles en análisis mineralógicos.³⁴⁹ La composición del grupo sufrió algunos cambios en su organigrama durante los años sucesivos. Así, en 1946 colabora Francesc Fabregat Guinchart (naturalista)³⁵⁰ y se incorpora Manel Font Altaba (farmacéutico, químico y naturalista), éste como Becario. En 1947 y coincidiendo con la inclusión de la Sección en el Patronato Alfonso el Sabio, Amorós fue ascendido a Colaborador. Estos dos últimos autores, como enseguida veremos, serán los principales ayudantes de Pardillo, asumiendo rápidamente un notorio protagonismo. En 1950 la Sección sufrió un cambio nominal, convirtiéndose en “Departamento de Cristalografía y Mineralogía”, al tiempo que Rafael Candel Vila se reintegraba después de su exilio francés. Posteriormente, durante el trienio 1953-55 aparece ya un nuevo grupo de jóvenes colaboradores:³⁵¹

José Coves María de Gracia (naturalista, Colaborador honorario de Röntgenología), Margarita Pérez Peñasco (Auxiliar de investigación), Montserrat Martí Brillas (química, Becaria), Emma Sainz-Amor Alonso de Celada (naturalista, Ayudante), María de la Asunción Brandoly S.M. (naturalista), María Luisa Canut Ruiz (física, Agregada al Departamento), Antonio Bernalte Miralles (físico, Agregado al Departamento).³⁵²

Finalmente, para finales del período considerado sí que se produjeron cambios relevantes. En 1954 se jubila Pardillo, haciéndose cargo Amorós de la Sección.³⁵³ Al

³⁴⁹ Hay que decir, además, que la colaboración de Invers terminó en 1947.

³⁵⁰ Este investigador había sido profesor de Amorós en el Bachillerato. Su puntual estancia en el grupo se demoró el tiempo justo de completar su Tesis Doctoral.

³⁵¹ *Memorias de la Delegación del CSIC en Barcelona (1952-53)*, 213; (1954-55), 176.

³⁵² Miembros estos dos últimos de la “Sección de Física de Barcelona” del Instituto Alonso de Santa Cruz.

³⁵³ Meses antes, Amorós se había trasladado a Sevilla al conseguir una cátedra universitaria, pero retornaría rápidamente a Barcelona para hacerse cargo de la cátedra dejada vacante por Pardillo.

año siguiente, sin embargo, Amorós dejará Barcelona por Madrid al conseguir una plaza de catedrático en la capital, cediendo a Font Altaba la dirección del Departamento.³⁵⁴

Algo que llama la atención, al repasar la historia de este grupo de investigación, es la decidida apuesta del mismo por impulsar la realización de estancias en el extranjero por parte de sus integrantes. Así, se pueden sintetizar las becas recibidas por Amorós como sigue:³⁵⁵

- 1948-50, pensión del Patronato Juan de la Cierva para trabajar con Kathline Lonsdale en el University College de Londres sobre rayos X divergentes y agitación térmica de cristales. A lo largo de esos dos años, realizó estancias en los diferentes centros británicos: Chemistry Department en la Universidad de Glasgow, con J. M. Robertson, sobre análisis de Fourier en sustancias orgánicas; Department of Biomolecular Structure en la Universidad de Leeds, con W. T. Astbury, sobre estructuras de proteínas fibrosas y grandes moléculas; Pedology Department de la Rothamsted Experimental Station en Harpenden (Inglaterra), con D. MacEwan, sobre minerales de arcilla; Crystallographic Department de la Universidad de Cambridge, con W. L. Bragg y W. H. Taylor, sobre síntesis tridimensionales de Fourier; University Museum de la Universidad de Oxford, con la Prof. Hodgkins, sobre síntesis tridimensionales de moléculas pequeñas.

- 1950, pensión del CSIC para realizar una estancia en dos centros de EEUU: Massachussets Institute of Technology de Boston, con Martin J. Buerger sobre nuevas funciones cristalográficas y termodinámicas en los procesos polimorfos; Department of Physics de la Universidad de State College Pennsylvania, con R. Pepinsky, sobre el efecto de la terminación de series en la síntesis de Fourier.

- 1953, pensión del CSIC para estancias en Holanda: Universidad de Groningen en el Physical Chemistry Department, con el Prof. Wiebenga sobre cámaras aplicadas a la difracción de rayos X; Crystallographic Department de la Universidad de Delft, con el Prof. W. F. De Jong, sobre el uso de la cámara De Jong-Bouman.

La relación de viajes de Font Altaba tampoco se queda corta.³⁵⁶

³⁵⁴ Font Altaba conseguiría la plaza de catedrático en 1960. En torno a él pivotaría el futuro del Departamento, cuyo estado de consolidación para mediados de la década de 1950 se puede seguir en Cuevas (inédito).

³⁵⁵ *Memorias de la Delegación del CSIC en Barcelona* (1948), 164; (1949), 138; (1950-51), 185; (1952-53), 215

³⁵⁶ *Memorias de la Delegación del CSIC en Barcelona* (1948), 165; (1949), 139; (1950-51), 186; (1952-53), 215;

- 1948-49, beca del Instituto Francés, prorrogada por otra del CSIC, para visitar diversos centros científicos en Francia y Bélgica.

- 1951, pensión por un año del CSIC para realizar trabajos en Inglaterra, sobre cristalografía estructural y agitación térmica en los cristales.

- 1953, pensión del CSIC por un año para estudiar en Edimburgo con A. Beevers.

Aún alguna otra estancia fue realizada por otros colaboradores menores. Sin embargo, es suficiente esta muestra para ilustrar lo común de las becas en el extranjero en la dinámica del Departamento.

Habida cuenta de que la mayoría de estas ayudas provenían del CSIC, tiene sentido preguntarse si esta condición privilegiada tuvo continuidad en los presupuestos del Departamento y en el nivel de dotación instrumental del mismo. Un examen de estas cuestiones se salda con sendas respuestas negativas. En cuanto a las cantidades de dinero disponibles, no hemos de perder de vista que, aún estando adscrito al CSIC, el Departamento de Cristalografía y Mineralogía era, fundamentalmente, un grupo de investigación ubicado en una universidad. En una época en la que los bajos presupuestos de las universidades se limitaban a cubrir la docencia, el dinero para ejercer la investigación y adquirir instrumentos debía ser aportado por el CSIC, aunque en cantidades menores a las abonadas a los centros directamente dependientes de él.³⁵⁷

La no inclusión de las partidas presupuestarias en las *Memorias de la Delegación del CSIC en Barcelona* dificulta la exploración de este hecho, aunque sí se incluye el montante asignado al Departamento en algunos años de las *Memorias del CSIC* generales. Así, el dato referente a 1950 permite establecer una comparación entre el capital asignado al grupo barcelonés y el destinado al Instituto de Física Alonso de Santa Cruz de Madrid. La cantidad asignada para el primer grupo durante el citado ejercicio fue de 46.749,90 ptas,³⁵⁸ una cifra muy inferior a la disfrutada por la “Sección de rayos X” madrileña.³⁵⁹ Una buena muestra de las dificultades económicas del grupo barcelonés la encontramos ejemplificada en la persona de Candel y sus problemas en el Departamento una vez reincorporado al mismo. Pese a no tener quejas respecto a la

³⁵⁷ Como vimos, el acceso a dinero (aunque fuera poco) y el hecho mismo de integrarse en el organismo científico español de mayor importancia (que permitía solicitar becas para la formación investigadora) eran los motivos principales de la adscripción de los grupos universitarios al CSIC.

³⁵⁸ *Memorias CSIC* (1950), 413.

³⁵⁹ Recordemos (nota 327) que el presupuesto del Instituto Alonso de Santa Cruz para 1950 era de 256.165,76 ptas, a repartir entre la “Sección de rayos X” y una segunda sección.

validez científica de Candel, a finales de 1954 Pardillo se vio obligado a suprimir la remuneración percibida por aquél:³⁶⁰

“Mi querido amigo: lamento mucho comunicarle la imposibilidad de seguir conllevando la situación de Vd. en el Departamento de Cristalografía y Mineralogía. De una parte es excepción que, de tiempo atrás, motiva la protesta del personal que cotidianamente asiste y trabaja, que he ido sosteniendo alegando la esperanza de poder remediarse la anomalía en próxima y propicia ocasión; y, de otra parte, *la situación económica apurada del Departamento no permite seguir prescindiendo en beneficio de Vd. de una cantidad que nos es necesaria*. Por todo ello, me veo en el caso de transmitir al Consejo la baja de Vd., a partir del día primero del próximo año. Ahora bien, cabe proponerle para Colaborador honorario, con lo cual no pierde la categoría científica en la organización del Departamento, adquiere libertad en su trabajo y soslayamos la irregularidad de dar retribución por un cargo que no se puede desempeñar ... Con el mayor afecto y consideración le saluda su siempre amigo y compañero.”

Candel intentaría, sin éxito, que se mediara desde el mismo CSIC para reconducir su situación:³⁶¹

“Casi al mismo tiempo en que fui repuesto como catedrático de Instituto, el CSIC me honró con el nombramiento de Ayudante del Departamento de Cristalografía y Mineralogía de Barcelona [10 de febrero de 1950]. Durante todo este tiempo, hasta el 31 de diciembre último, he simultaneado este cargo con el de catedrático en el Instituto de Tortosa, donde resido cuatro días a la semana y paso el resto de ella en Barcelona ... La escasez de tiempo me impide dedicar más tiempo que el que he venido dedicando a la investigación científica y de ello estaba muy quejoso el Profesor Pardillo, director del Departamento ... donde me dieron el cese con efectos de 31 de diciembre último ... Esto me produjo una merma económica en momentos en que los sueldos no llegan a cubrir las necesidades familiares ... Al fin me he decidido a escribirle a Vd., pues hace algunos días el propio Pardillo me ha enviado un oficio en que me traslada el nombramiento de Colaborador honorario del citado Departamento ... Con esto, aunque sin efectos económicos, queda en cierto modo restablecida mi situación con respecto al CSIC, y en carta particular me dice el Dr. Pardillo que de este modo no quedarán interrumpidos mis trabajos. Pero, aún con el mejor deseo, no disponiendo de medios económicos suficientes, ¿cómo voy a seguir tales trabajos sin retribución o subvención alguna? Al dirigirme a Vd., pienso que tal vez encuentre una fórmula administrativa que me permita disponer de alguna subvención del CSIC ... En caso de que Vd. pudiera hacerme esta concesión, y en evitación de que vuelvan a suscitarse los escrúpulos del Dr. Pardillo, preferiría ser adscrito a otra sección del Instituto Lucas Mallada, ya sea a la de Geomorfología o a la de Hidrología, a los efectos económicos.”

³⁶⁰ Carta de Francisco Pardillo a Rafael Candel, 15 de diciembre de 1954. *Archivo Rafael Candel Vila (1903-1976)*. Barcelona: Museu Geològic del Seminari de Barcelona. La cursiva es nuestra.

³⁶¹ Carta de Rafael Candel a José M^a Albareda (Secretario General del CSIC), 17 de marzo de 1955. *Archivo Rafael Candel Vila (1903-1976)*. Barcelona: Museu Geològic del Seminari de Barcelona.

La precaria situación del Departamento, ilustrada por este episodio, se acompañó de una limitada dotación instrumental para los estudios en DEC. Así, los dos primeros artículos elaborados durante este período mediante las técnicas de difracción por rayos X usaron todavía el mismo equipo que Pardillo había empleado en el único trabajo de estas características realizado en la etapa anterior a la Guerra Civil.³⁶² La urgencia por disponer de más aparatos motivó una acción al respecto.³⁶³

“El Dr. Amorós ha resuelto la estructura del níquelocianuro sódico con tres moléculas de agua. Al objeto de completar y confirmar la investigación se trasladó a Madrid para obtener un diagrama Weissenberg, aparato de que carece todavía la Sección ... Deseando adquirir la cámara Weissenberg, que construye el Instituto Leonardo Torres Quevedo, así como la cámara de cristal giratorio, fue comisionado el Sr. Amorós para, de acuerdo con dicho Instituto, conseguirlos, con las modificaciones que él ha ideado ... El Instituto Torres Quevedo acogió favorablemente estas iniciativas.”

Es claro el peso que tuvieron las circunstancias políticas del momento a la hora de emprender tal iniciativa, como se aprecia en una posterior valoración del mismo episodio:³⁶⁴

“Las grandes dificultades existentes para la importación de material cristalográfico extranjero obligó a estudiar la posibilidad de subsanar la penuria de cámaras röntgenocristalográficas mediante la construcción de las mismas en España. Esta oportunidad fue generosamente brindada a J. L. Amorós por el Instituto de Instrumental Científico Leonardo Torres Quevedo, lo que permitió trazar un vasto plan de construcciones en colaboración con el Director-jefe de aquel centro, D. Juan María Torroja.”

Para 1947 el grupo de Barcelona ya disponía de las dos primeras cámaras mencionadas. El éxito de Amorós en el diseño de estas primeras cámaras le llevó a participar, entre 1948 y 1958, en un “programa general de construcción de instrumentos cristalográficos en el ITQ”. Tenemos constancia del diseño por parte de Amorós de al menos cuatro tipos diferentes de cámaras durante el período 1948-55:³⁶⁵

³⁶² Font Tullot (1944), “Estructura cristalina del bórax. Grupo de simetría y primera hipótesis sobre la distribución atómica”, *Estudios Geológicos*, **2**; Amorós (1945), “La estructura de la kernita”, *Euclides*, **57-58**, 599-608. El equipo en cuestión era una cámara de cristal oscilante de Schiebold (v. nota 96).

³⁶³ *Memorias de la Delegación del CSIC en Barcelona* (1946), 64-65.

³⁶⁴ Acta de la sesión de la RSEFQ, Sección de Barcelona, del 11 de diciembre de 1950. *Anales*, **47** (A), II, 15.

³⁶⁵ Estos datos, así como la mencionada pertenencia de Amorós al programa de construcción de instrumentos del ITQ, figuran en López Andrés y López-Acevedo (2002).

“Cámara Weissenberg, modelo Torroja vertical; cámara Jong-Bouman, técnica de cono constante; cámara de focalización de Seeman-Bohlin-Phragmen con muestra plana; cámara de polvo Debye-Scherrer-Hull, modelo MacEwan.”³⁶⁶

El concurso de Amorós en el diseño y el perfeccionamiento de diferentes cámaras de rayos X permite entender que unas cuantas de las cámaras construidas por el ITQ acabaran recalando en el Departamento de Cristalografía y Mineralogía barcelonés.³⁶⁷ Éste vio incrementados sus equipos de difracción con la citada cámara de De Jong-Bouman en 1949,³⁶⁸ y con una nueva cámara de Weissenberg en 1952, también de construcción propia.³⁶⁹

Queda claro, pues, el compromiso de Amorós en relación con la construcción y perfeccionamiento de equipos instrumentales y, más concretamente, de difractómetros de rayos X.³⁷⁰ Este afán por la dimensión instrumental de sus propias investigaciones constituye uno de los rasgos más relevantes de la carrera de Amorós. Uno de sus biógrafos ha apuntado a los múltiples viajes al extranjero de este último como causa de tales actividades:³⁷¹

“Aquestes estades li van permetre aprofundir en el camp de la instrumentació necessària per fer experiments de difracció i, una vegada a Barcelona, donada la impossibilitat que durant aquells anys havia d’adquirir instrumentació a l’estranger, ell mateix va dissenyar i va fer construir una sèrie de càmeres de difracció que molts anys després encara estaven a la càtedra de cristal·lografia de la Universitat de Barcelona i que alguns de nosaltres vam fer servir.”

Seguramente que las estancias en el extranjero permitieron a Amorós adquirir unos conocimientos claves para tal efecto. No es menos cierto, sin embargo, que este interés por la vertiente instrumental de la DEC estaba ya presente, como tuvimos ocasión de comprobar, en su maestro el Profesor Pardillo.³⁷² Por otro lado, en su esfuerzo por desarrollar instrumentos científicos, Amorós no sólo cooperó con el ITQ. También se dio un trabajo de colaboración entre el Departamento de Cristalografía y Mineralogía y la “Sección de Electricidad y Radiaciones de Barcelona” (Patronato Alfonso el Sabio)

³⁶⁶ En el “Catálogo Descriptivo de los Instrumentos construidos por el ITQ”, contenido en Moreno, Romero y Redrajo (1996), las dos primeras aparecen datadas como construidas en 1950 y 1949, respectivamente. (v. números de inventario 4A035 y 4A037 de dicha obra).

³⁶⁷ Nota 335.

³⁶⁸ *Memorias de la Delegación del CSIC en Barcelona* (1947), 143; (1949), 139.

³⁶⁹ *Memorias de la Delegación del CSIC en Barcelona* (1952-53), 215-216.

³⁷⁰ De hecho, al describir el Laboratorio de Rayos X creado en el MNCN (nota 344), ya vimos cómo dos cámaras de las adquiridas por esta institución habían sido construidas por Amorós en Barcelona.

³⁷¹ Miravittles (2001), 78.

³⁷² v. notas 73, 74, 86 y 87.

con motivo de la construcción de la cámara de focalización de Seeman-Bohlin-Phragmen con muestra plana. Así, los físicos Josep Maria Serra Martínez y Josep Maria Codina Vidal, Becarios de dicha Sección, ayudaron a Amorós en el estudio teórico de las características de la citada cámara.³⁷³

Centrándonos ahora en los diferentes trabajos elaborados desde el Departamento de Cristalografía y Mineralogía barcelonés, hay que señalar, en primer lugar, la casi total concentración de los mismos en cuatro personas (Pardillo, Amorós, Font Altaba, Font Tullot), situación que no resulta para nada extraña tras haber mostrado anteriormente el historial del personal que colaboró en el grupo.³⁷⁴ Hemos clasificado los diferentes artículos en cuatro grupos. El primero de ellos comprende todos aquellos artículos (23) sobre DEC, más alguno dedicado a la aplicación de la difracción de rayos X al estudio general de minerales.³⁷⁵ Resulta altamente significativo que más del 80 %

³⁷³ *Memorias de la Delegación del CSIC en Barcelona (1952-53)*, 193-194.

³⁷⁴ Hasta los años finales no se incorporaron un nutrido grupo de jóvenes investigadores (v. nota 351).

³⁷⁵ Font Tullot, J.M. (1945), “Estructura cristalina del bórax. Grupo de simetría y primera hipótesis sobre la distribución atómica”, *Estudios Geológicos*, nº2, 121-127; Amorós, J.L. (1947), “La estructura de la kernita”, *Estudios Geológicos*, nº5, 3-80; Invers, A. (1947), “Estructura de la tinkalconita (mohavita)”, *Estudios Geológicos*, nº7, 27-40; Pardillo, F. y Amorós, J.L. (1947), “Estudio de la morfología y estructura del níquel cianuro sódico hidratado”, *Estudios Geológicos*, nº7, 55-66; Font Tullot, J.M. (1951), “Análisis röntgenográfico de algunas bauxitas de la región NE de España”, *Estudios Geológicos*, nº13, 113-130; Amorós, J.L. y Lonsdale, K. (1951), “El análisis de cristales por rayos X divergentes”, *Anales*, 47 (A), 251-256; Font Altaba, M. (1951), “Constantes cristalográficas estructurales de la sacarina y sus derivados Mn²⁺, Ni²⁺, Co²⁺”, *Anales*, 47 (A), 125-132; Pardillo, F. y Amorós, J.L. (1952), “Particularidades de la estructura del crisotilo”, *Anales*, 48 (A), 11-16; Pardillo, F. y Amorós, J.L. (1953), “Morfología y estructura de la hidracida del ácido isonicotínico. I. Estudio cristalográfico e interpretación del análisis de Patterson”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, 1, nº1, 13-23; Amorós, J.L. y Coves, J. (1953), “Relaciones estructurales existentes entre la hidracida del ácido isonicotínico y la del cianacético”, *Iª Reunión Nacional de la Sociedad Española de Ciencias Fisiológicas*, 21-23; Amorós, J.L., Velasco, M. y Canut, M.L. (1954), “Estudios acerca de la dinámica reticular en cristales moleculares. I. Difracción difusa del ácido oxálico dihidratado”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, 1, nº3, 157-164; Amorós, J.L., Velasco, M. y Canut, M.L. (1954), “Estudios acerca de la dinámica reticular en cristales moleculares. II. Difracción difusa del ácido adípico”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, 1, nº3, 165-171; Pardillo, F. y Brandoly, M.A. (1954), “Cristalografía del cis y trans -1-fenil- (4-hidroxidifenilmetil)-ciclohexan-1-ol”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, 1, nº2, 61-72; Coves, J. (1954), “Morfología y estructura de la cianacetilhidracida. I. Estudio cristalográfico”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, 1, nº2, 73-76; Font Altaba, M. (1954), “Estructura cristalina del derivado manganoso de la o-benzosulfonimida. I.”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, 1, nº3, 133-144; Font Tullot, J.M. (1955), “Estudio röntgenográfico de la alteración del granito”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, 2, nº2, 131-133; Font Altaba, M. (1955), “Características roentgenológicas de la sacarina: diagrama de polvo”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, 2, nº2, 101-106; Font Altaba, M. y Vila, M. (1955), “Investigación analítica por rayos X de la estructura molecular del B4O7Na2. Cristalografía del tetraborato sódico anhidro”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, 2, nº2, 193-200; Font Altaba, M. (1955), “Estructura cristalina del derivado manganoso de la o-benzosulfonimida. II.”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, 2, nº3, 163-177; Coves, J., Amorós, J.L. y Font Altaba, M. (1955), “Cristalografía de la dihidracida malónica”, *Comunicaciones de la II Reunión Nacional de la Sociedad Española de Ciencias Fisiológicas*, 111-113; Amorós, J.L. y Canut, M.L. (1955), “Estudios acerca de la dinámica reticular en cristales moleculares. III. Relaciones entre dilatación térmica, vibraciones atómicas y radiación difusa en el ácido oxálico

de estos trabajos se publicaron en la década de 1950. Sin lugar a dudas, la tardanza en la adquisición de equipos adecuados aparece como la principal explicación a este hecho, pues después del proceso de dotación instrumental iniciado por Amorós el ritmo de publicaciones aumentó rápidamente. Por otro lado, sorprende el elevado número de trabajos dedicados a compuestos orgánicos (13). La entrada en el grupo de Font Altaba, proveniente de Farmacia, puede ayudar a dar cuenta de esta orientación. No en vano, se ha señalado lo siguiente:³⁷⁶

“La seva formació [se refiere a Font Altaba] marcà la línia de recerca de la càtedra. La seva Tesi Doctoral sobre l'estudi estructural del derivat de Mn de la sacarina representà una clara elecció pels temes punters en la recerca internacional en cristal·lografia de l'època.”

Tras licenciarse en Farmacia (1946), Font Altaba completó las licenciaturas de Química (1950) y Ciencias Naturales (1954). Asimismo, realizó dos Tesis Doctorales, una en Farmacia (1950) y la referida anteriormente en Ciencias (1955).³⁷⁷ Los contactos con la Facultad de Farmacia de la Universidad de Barcelona, iniciados a raíz de los primeros trabajos de Font Altaba, dieron paso poco después a una estrecha colaboración con el Laboratorio de Química Orgánica de la Universidad de Barcelona y con su Director, Josep Pascual Vila.³⁷⁸ Asimismo, algunos de los trabajos fueron llevados a cabo gracias a alguna ayuda de la industria farmacéutica.³⁷⁹ Fueron estos los comienzos de la colaboración del Departamento con la industria privada, algo que años después adquiriría una gran importancia. De todos modos, durante esta etapa inicial no parece que estas ayudas fueran todavía de gran relevancia, limitándose al pago de alguna pequeña beca y a la compra de material de laboratorio.³⁸⁰ Por otro lado, no parece que todos los trabajos llevados a cabo con compuestos orgánicos fueran de la máxima complejidad, como se desprende del comentario siguiente:³⁸¹

dihidratado”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, **2**, nº3, 155-162; Amorós, J.L. y Sainz Amor, E. (1955), “Estudio röntgenográfico de arenas. I. Técnica”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, **2**, nº3, 201-222; Amorós, J.L. (1955), “Estudios acerca de la dinámica reticular en cristales moleculares. IV. Crecimiento de cristales de ácido adípico”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, **2**, nº3, 223-235.

³⁷⁶ Cuevas (inédito).

³⁷⁷ Curriculum vitae de Manel Font Altaba. *Arxiu de l'Institut d'Estudis Catalans*.

³⁷⁸ En muchos de los artículos se agradece al Laboratorio de Química Orgánica la obtención de los productos a analizar.

³⁷⁹ Por ejemplo, en Coves, J. (1954) (v. nota 375) se agradece a Laboratorios PEVYA la concesión de una beca para la realización de su estudio.

³⁸⁰ Por regla general, el Departamento informaba a la industria acerca de los productos que le interesaba estudiar, quedando a la espera de una eventual ayuda. Entrevista a E. Sainz-Amor.

³⁸¹ Amorós, J.L. y Font Altaba, M. (1951), “Particularidades cristaloquímicas de la molécula orgánica”, *Anales*, **47** (A), 267.

“En el curso de estos trabajos vamos a iniciar el examen de pormenores estructurales de la molécula orgánica, refiriéndonos únicamente a aquellas estructuras cuya determinación no ofrezca ninguna duda ni ambigüedad.”

Asimismo, en la presentación de un trabajo a la RSEFQ (Sección de Barcelona), Font Altaba aclaraba que su examen se limitaba a ciertos detalles de estructuras orgánicas ya perfectamente establecidas.³⁸²

Ya hemos hecho mención a los aparatos de difracción de rayos X disponibles en el Departamento para llevar a cabo los trabajos de tipo experimental. Habría que añadir, también, los inicios del empleo del microscopio electrónico. Si bien todavía tendrían que pasar muchos años hasta que el grupo de investigación dispusiera de tan costísimo instrumento, en el tramo final de este período se tomaron algunas fotografías con el primer microscopio electrónico existente en Barcelona, propiedad de los Dispensarios Blancos de Barcelona.³⁸³ Por lo que respecta a los métodos de cálculo hay que decir que, al igual que en el grupo de Madrid, el uso de las síntesis de Fourier y de las tiras de Beevers-Lipson no tendría lugar antes de la década de 1950. No obstante el atraso respecto los laboratorios más avanzados, algunos de los trabajos en DEC se consiguieron llevar a cabo gracias precisamente a los recursos de estos centros.³⁸⁴

Un segundo grupo de artículos (23) se centra en cuestiones instrumentales, así como en la resolución de problemas teóricos y el desarrollo de métodos de cálculo en relación con la DEC.³⁸⁵ Por lo que acabamos de decir, no resulta nada raro que más del

³⁸² Acta de la sesión de la RSEFQ, Sección de Barcelona, del 11 de diciembre de 1950. *Anales*, **47** (A), II, 15.

³⁸³ En algunos de los artículos se incluye un agradecimiento al Director de dicha institución, C. Xalabarder, por el uso del instrumento.

³⁸⁴ Así, tanto Amorós como Font Altaba aprovecharon sus múltiples estancias en el extranjero para realizar todas las medidas posibles de los trabajos en curso del Departamento. Entrevista a J. Solans Huguet.

³⁸⁵ Amorós, J.L. y Fabregat, J. (1947), “Métodos gráficos para la numeración de diagramas de tipo Weissenberg”, *Euclides*, **67**, 490-501; Amorós, J.L. y Ahmed, M.S. (1948), “Diagramas de polvo con cristal único”, *Anales*, **44** (A), 605-607; Amorós, J.L., Torroja, J.M. y Pajares, E. (1949), “Cámara universal para la determinación de estructuras cristalinas por el método Weissenberg”, *Revista de Ciencia Aplicada*, **9**, 250-254; Amorós, J.L., Torroja, J.M. y Pajares, E. (1951), “A single cristal x-ray camera for direct recording of the reciprocal lattice”, *Journal of Scientific Instruments*, **28**, 44-46; Amorós, J.L. (1951), “Nota sobre el método de las diferencias vectoriales”, *Anales*, **47** (A), 139-140; Amorós, J.L. (1951), “La utilización de una nueva cámara Jong-Bouman”, *Anales*, **47** (A), 161-166; Amorós, J.L. (1951), “Empleo de métodos mecánicos en el cálculo de la síntesis tridimensional del Co₂A₁₉”, *Anales*, **47** (A), 239-250; Font Altaba, M. (1951), “Nueva regla de cálculo para la determinación de factores de estructura”, *Anales*, **47** (A), 133-138; Amorós, J.L. y Font Altaba, M. (1951), “Expresión del complejo vectorial en cada uno de los 230 grupos espaciales”, *Anales*, **47** (A), 167-172; Amorós, J.L. y Font Altaba, M. (1951), “Particularidades cristalográficas de la molécula orgánica”, *Anales*, **47** (A), 267-274; Amorós, J.L. y Font Altaba, M. (1952), “Expresión de las concentraciones vectoriales lineal y plana”, *Anales*, **48** (A), 89-98; Amorós, J.L. (1952), “Particularidades de la resolución directa de estructuras a partir de la interpretación total del espacio Patterson”, *Anales*, **48** (A), 37-44; Amorós, J.L. (1952),

85 % de estos trabajos correspondan ya a la década de 1950. En este segundo grupo, destacan entre otros los artículos relacionados con las cámaras de difracción desarrolladas por Amorós y el ITQ. Ahora bien, el denominador común de este conjunto de artículos es quizás la acusada atención prestada a los desarrollos acaecidos en centros extranjeros. Así, producto de sus numerosas estancias fuera de España, en muchos de sus artículos Amorós refiere ampliamente las técnicas aprendidas en los diferentes laboratorios por él visitados. Aunque muy interesantes desde un punto de vista de la divulgación en España de los métodos más novedosos, la mayoría de estos artículos no pueden, en rigor, atribuirse a las investigaciones llevadas a cabo en el seno del Departamento barcelonés. Una buena muestra de este hecho la encontramos en un trabajo cuyo título pudiera dar motivo a una seria confusión.³⁸⁶ Ya hemos dejado dicho anteriormente que a lo largo del período 1940-55 no existieron en España los medios para emprender el cálculo de síntesis de Fourier tridimensionales. La aparente paradoja queda despejada al inicio del citado artículo:

“La síntesis tridimensional de Fourier ofrece al investigador enorme dificultad, no sólo por el trabajo agobiador de recogida y elaboración de datos, sino especialmente por la dificultad del cálculo, que detiene las ansias del más optimista. De esta forma, sólo es posible llevarlo a cabo mediante el empleo de métodos mecánicos estandarizados, que abrevien las operaciones y, especialmente, disminuyan el tiempo empleado en los cálculos. Según ello, sólo laboratorios perfectamente organizados para esta clase de trabajos, con abundante personal y medios, pueden emprenderlo con éxito. Uno de estos laboratorios es el Crystallographic del Cavendish Lab., en Cambridge (Inglaterra), donde tuve oportunidad de realizar la síntesis objeto de este trabajo durante los meses de marzo a junio de 1949, por lo que, en lo que sigue,

“Aplicación de la convolución al análisis de Fourier de cristales”, *Anales*, **48** (A), 367-369; Amorós, J.L., Torroja, J.M. y Pajares, E. (1952), “Una nueva cámara para el registro directo de la red recíproca”, *Revista de Ciencia Aplicada*, **27**, 325-330; Amorós, J.L. y Serra, J.M. (1953), “Nueva cámara de focalización con preparado plano”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, **1**, 43-52; Amorós, J.L., Codina, J.M. y Serra, J.M. (1953), “Focalización de rayos X con muestra plana”, *Anales*, **49** (A), 97-106; Amorós, J.L. y Codina, J.M. (1953), “La divergencia vertical del haz de rayos X en una cámara de focalización con preparado plano”, *Anales*, **49** (A), 269-273; Amorós, J.L. (1954), “El espacio de Patterson y su significado en la determinación de estructuras cristalinas”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, **1**, nº3, 111-128; Font Altaba, M. (1954), “Distribución vectorial del espacio Patterson para el grupo espacial P21/c”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, **1**, nº3, 129-132; Font Altaba, M. y Canut, M.L. (1954), “Interpretación del Laue cilíndrico: falsilla de y de “”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, **1**, nº3, 151-156; Amorós, J.L. (1954), “Cámara de polvo para rayos X”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, **1**, 87-92; Pach, A. (1954), “Simplificación de las operaciones de cálculo de estructuras cristalinas mediante la máquina alfanumérica modelo 405-IBM”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, **1**, nº2, 93-104; Font Altaba, M. (1955), “Las dislocaciones cristalinas y sus consecuencias. I. Teoría de las dislocaciones cristalinas”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, **2**, nº1, 47-71;

³⁸⁶ Amorós, J.L. (1951), “Empleo de métodos mecánicos en el cálculo de la síntesis tridimensional del Co₂Al₉”, *Anales*, **47** (A), 239-250.

expondré la técnica empleada para cálculos mecánicos de síntesis tridimensionales de Fourier, en uso en aquel Centro.”

Por si no estuviera claro, el autor concluye su artículo como sigue:

“El interés del autor en este trabajo estribaba únicamente en exponer, de manera lo más detallada posible, la técnica utilizada, para que sirva de guía a los investigadores de habla hispana.”

Ahora bien, no todo fue divulgar metodologías foráneas. Así, se produjo un mecanismo sencillo para precisar la posición exacta de los átomos en los cálculos finales de las estructuras en su proyección bidimensional.³⁸⁷ También, se propuso la modificación de algunas máquinas tabuladoras para adaptar su uso al cálculo de estructuras cristalinas.³⁸⁸

En un tercer conjunto de artículos (30), hemos incluido todos aquellos trabajos del grupo que, si bien de carácter cristalográfico, no hacen uso de las técnicas de difracción, limitándose a cálculos geométricos o al estudio de la morfología de minerales.³⁸⁹ Aquí se produce una inversión en la concentración cronológica de la

³⁸⁷ Font Altaba, M. (1951), “Nueva regla de cálculo para la determinación de factores de estructura”, *Anales*, **47** (A), 133-138.

³⁸⁸ Pach, A. (1954), “Simplificación de las operaciones de cálculo de estructuras cristalinas mediante la máquina alfanumérica modelo 405-IBM”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, 1, n°2, 93-104. Este artículo resulta especialmente interesante por tratarse su autor, Antoni Pach, del Jefe de Intervenciones y Estadísticas de la empresa “Tranvías de Barcelona, S.A.”

³⁸⁹ Pardillo, F. (1940), “La wollastonita de los vidrios artificiales”, *Anales de la Universidad de Barcelona*; Amorós, J.L. (1945), “El isomorfismo de la serie Alunita-Hamlinita”, *BRSEHN*, **43**, 517-523; Amorós, J.L. (1945), “Notas cristalológicas. I: El isomorfismo como problema estructural”, *Euclides*, **55**, 471-474; Amorós, J.L. (1946), “Notas cristalológicas. II: El boro en radicales”, *Euclides*, **59-60**, 148-154; Amorós, J.L. (1946), “Notas cristalológicas. III: Cristalografía del boro. Ensayo de sistematización de las estructuras de este elemento”, *Euclides*, **59-60**, 73-78; Amorós, J.L. (1946), “La agitación microsísmica en la costa mediterránea española”, *Revista de la Real Academia de Ciencias de Madrid*, **40**, 1-27; Pardillo, F. (1946), “Las formas cristalinas de los fosfowolframatos de sulfoxido de etilo y propilo”, *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*; Amorós, J.L. (1947), “Óptica estructural de los silicatos”, *Estudios Geológicos*, n°7, 67-76; Amorós, J.L. (1947), “Notas cristalológicas. IV: Clasificaciones modernas de los minerales y en especial de los silicatos”, *Euclides*, **68**, 1-5; Pardillo, F. (1947), “En pro de un simbolismo más sencillo de las 32 clases de simetría de los cristales”, *Estudios Geológicos*, n°7, 7-12; Pardillo, F. (1947), “La calborita de Sallent (barcelona)”, *Estudios Geológicos*, n°7, 41-54; Font Tullot, J.M. (1947), “El bórax como estructura cristalina en cadenas”, *Estudios Geológicos*, n°7, 13-20; Font Altaba, M. y Hernández, F. (1947), “Nuevas reacciones microquímicas de la sacarina”, *Anales*, **43**, 471-475; Font Altaba, M., Hernández, F. y Raurich, F.E. (1947), *Anales*, **43**, 424-425; Amorós, J.L. (1948), “Cristalografía de los cianuros”, *Anales de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, 2, 319-330; Font Altaba, M. y Hernández, F. (1948), *Anales*, **44** (B), 355-361; Font Altaba, M. (1948), “Sobre un método de medida del grado de agregación en suelos”, *Anales Edaf. Fis. Veg.*, **7**, 633-641; Amorós, J.L. (1949), “Óptica estructural cristalina”, *Memorias de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, **2**, 5-22; Font Altaba, M. (1949), “Sobre la medida del potencial capilar por medio de un tensiómetro”, *Anales Edaf. Fis. Veg.*, **8**, 367-392; Font Tullot, J.M. (1951), “Estudio de unos cristales de cerusita de Vallirana”, *Estudios Geológicos*, n°14, 265-270; Amorós, J.L. (1952), “La elección de la orientación más adecuada para un cristal”, *BRSEHN*, Sección Geológica, **50**, 53-58; Font Altaba, M. (1953), “Solubilidad de los compuestos iónicos en relación con su cristalografía. I. Relación entre los radios iónicos y los

producción respecto de los trabajos anteriores, al ser ahora mayoría (19) los artículos publicados durante la década de 1940. Este dato tan simple se muestra, sin embargo, de gran valor de cara a acabar de trazar el perfil del grupo investigador. Así, corta de raíz una hipotética alusión a la poca productividad de sus integrantes durante los años previos a 1950, lo que refuerza, a su vez, el atribuir la baja dedicación a la DEC durante la década de 1940 a la precariedad instrumental del Departamento. Además, nos recuerda el marco de intereses global del grupo en cuestión, que no es otro que el propio de las Ciencias Naturales. En este sentido hay que entender el gran número de trabajos dedicados a la cristalografía morfológica y al estudio de suelos y minerales.

Finalmente, conviene clasificar aparte un conjunto de artículos (12) de J. L. Amorós, debido a su claro carácter divulgativo.³⁹⁰ El esfuerzo de este autor por dar a conocer la cristalografía y, más concretamente, la aplicación de la difracción de rayos X, es algo que ya quedó de manifiesto en el tercer grupo de trabajos. No obstante, en estos artículos hallamos no ya un interés por informar al iniciado acerca de las más modernas metodologías, sino una clara voluntad de llegar a un público más amplio. Nulos en su interés propiamente científico, resulta sin embargo digno de mención el esfuerzo desplegado por el autor por aproximar las modernas técnicas cristalográficas a la industria y a la investigación metalúrgicas.

coeficientes de solubilidad de los halogenuros alcalinos en acetona”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, **1**, nº1, 5-12; Font Tullot, J.M. (1954), “Una caliza con diasporita de la sierra de Albarracín”, *BRSEHN*, volumen homenaje a E. Hernández-Pacheco; Amorós, J.L. (1954), “Extensión de la teoría morfológica de Hartman a la exfoliación y deslizamiento en cristales”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, **1**, nº2, 105-109; Candel, R. (1954), “Nota sobre los cristales de roselita de Bu Azzar (Marruecos)”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, **1**, nº2, 77-80; Candel, R. (1955), “Nota sobre los cristales del aluminuro de hierro”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, **2**, nº2, 119- 122; Sainz-Amor, E. (1955), “Sobre una nueva técnica petrográfica”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, **2**, nº2, 123-130; Marcet, J. (1955), “Los esferulitos de calcedonia, cuarzo y lutecina de las rocas efusivas de Ifni”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, **2**, nº2, 151- 158; Amorós, J.L., Brandoly, M.A. y Pérez Peñasco, M. (1955), “Investigación de la superficie de un cristal de pirita”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, **2**, nº2, 89-100.

³⁹⁰ Amorós, J.L. (1945), “Los rayos Roentgen y la estructura de los cristales”, *Euclides*, **49**, 172-179; Amorós, J.L. (1945), “Átomos, iones y moléculas en los cristales”, *Euclides*, **56**, 546-551; Amorós, J.L. (1947), “La determinación directa de la estructura cristalina”, *Euclides*, **67**, 388-402; Amorós, J.L. (1950), “La investigación roentgenográfica de las arcillas”, *Anales de Edafología y Fisiología Vegetal*, **9**, 363-380; Amorós, J.L. y Lonsdale, K. (1950), “Crystallography in Spain”, *Nature*, **166**, 391-393; Amorós, J.L. (1950), “La técnica roentgenográfica en la Gran Bretaña”, *Physicalia*, **3**, 15-18; Amorós, J.L. (1952), “Técnicas cristalográficas en el análisis químico industrial”, *Técnica Metalúrgica*, **8**, 289-301; Amorós, J.L. (1952), “Aplicación de la difracción de los rayos X a problemas metalúrgicos”, *Técnica Metalúrgica*, **8**, 325-332; Amorós, J.L. (1954), “Acerca de la problemática geológica”, *Anales de la Universidad Hispalense*, **15**, 13-18; Amorós, J.L. (1954), “Coordinación de las técnicas analíticas en la investigación industrial”, *Técnica Metalúrgica*, **10**, 1-6; Amorós, J.L. (1955), “Cristal real-cristal ideal”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, **2**, nº1, 7-24; Amorós, J.L. y Canut, M.L. (1955), “Desorden térmico”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, **2**, nº1, 25-46.

Tras haber expuesto las orientaciones generales de los artículos publicados, damos a continuación la relación de tesis doctorales producidas desde el Departamento, un total de seis: J. M. Font Tullot (1944), “Estructuras del bórax”; J. L. Amorós (1945), “Estructura de la kernita”; F. Fabregat (1947), “Estructura de la anapaita”; M. A. Brandoly (1954), “Morfología, propiedades ópticas y estructura cristalina de las trifenilterpinas”; M. Font Altaba (1955), “Morfología, propiedades físicas y estructura cristalina del derivado Mn^{2+} de la sacarina”; M. L. Canut (1955), “Dinámica de redes en cristales moleculares”.

Resulta también muy ilustrativo fijarse en las revistas en las que concentraron sus publicaciones los diferentes integrantes del grupo, pues permiten mostrar tres fases bien diferenciadas. Así, hasta 1948 se usaron diferentes revistas, aunque sobresale la elección de *Estudios Geológicos* para la difusión de los trabajos en DEC.³⁹¹ Sobre esa fecha, la mayoría de los trabajos comenzarán a publicarse en los *Anales de la RSEFQ* (siempre en la Sección de Física). Finalmente, en 1953 el Departamento comenzó a editar su propio órgano de expresión, las *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, que absorbería la casi totalidad de los trabajos producidos en este tramo final.³⁹² En una “Editorial” de dicha revista se refiere su propio surgimiento como sigue:³⁹³

“El Departamento de Cristalografía nació como consecuencia del desarrollo de la Sección de Cristalografía y Mineralogía del Instituto Lucas Mallada, del CSIC. Los trabajos que se realizaban en aquella Sección, bajo la dirección de nuestro maestro, el Prof. D. Francisco Pardillo, tenían un carácter tan fisicoquímico que aconsejaron segregarla del Instituto Lucas Mallada de Geología y constituir un Departamento autónomo. Por tal motivo se constituyó el Departamento de Cristalografía y Roentgenología. Para darle mayor independencia, a pesar de tener que luchar con innumerables inconvenientes, se inició una serie de publicaciones, cuyo primer número apareció en octubre de 1953.”

Por otro lado, algunos de los trabajos de Amorós sobre el perfeccionamiento de cámaras de difracción se publicaron en el órgano de expresión del Patronato Juan de la Cierva, la *Revista de Ciencia Aplicada*, llegando uno de ellos incluso a traspasar nuestras

³⁹¹ Esta revista fue creada en 1945 por el Instituto de Investigaciones Geológicas Lucas Mallada, con la pretensión de dar cabida a todos aquellos trabajos de Geología realizados en España.

³⁹² A diferencia del grupo madrileño, una vez iniciada la edición de su propia revista el grupo barcelonés no duplicará sistemáticamente la publicación de sus trabajos en los *Anales de la RSEFQ*, sucediendo sólo con tres artículos.

³⁹³ *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, 3, nº1, “Editorial” (1957).

fronteras.³⁹⁴ También, destacan los pocos artículos publicados en el *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* (3 de un total de 88), sobre todo tratándose de un grupo integrado casi unánimemente por investigadores provenientes del ámbito de las Ciencias Naturales. Este dato pudiera explicarse, en parte, como fruto de las consecuencias que conllevó la polémica habida entre Pardillo y Hernández-Pacheco.³⁹⁵ De hecho, el protagonista catalán de la disputa continuaría, durante los años inmediatamente posteriores a la guerra civil, con la misma dinámica seguida tras la polémica, esto es, publicando en revistas de ámbito local (*Anales de la Universidad de Barcelona, Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*). En último lugar, el no atender a la amplia diversidad de revistas en las que publicaron los diferentes investigadores puede dar lugar a una valoración errónea de las actividades del grupo. Así ocurre en Valera y López (2001):³⁹⁶

“Salvo dos artículos publicados en 1953, donde se abordan problemas de focalización de rayos X con muestra plana, el resto es una simple recopilación de investigaciones de autores extranjeros que se quieren divulgar en España.”

Bastante certero en relación con el segundo grupo de trabajos en DEC, dicho juicio no puede, en rigor, extenderse al primer grupo. Habida cuenta de que sólo 4 de los 23 artículos de este grupo se publicaron en los *Anales*, este episodio representa una buena muestra del peligro que puede entrañar pretender valorar una serie de investigaciones en base a una sola publicación.

Para completar la evolución del grupo investigador barcelonés, hay que señalar que a partir de 1953 se estableció una fructífera relación con la “Sección de Física de Barcelona” del Instituto Alonso de Santa Cruz,³⁹⁷ que derivó en la realización de la Tesis Doctoral de uno de los miembros de este último centro (M. L. Canut) bajo la dirección de J. L. Amorós. Aún otro miembro de la citada Sección (A. Bernalte) llevó a cabo trabajos de investigación sobre la influencia de la temperatura en la difusión de los

³⁹⁴ Amorós, J.L., Torroja, J.M. y Pajares, E. (1951), “A single cristal x-ray camera for direct recording of the reciprocal lattice”, *Journal of Scientific Instruments*, **28**, 44-46. Este fue el único trabajo publicado en el extranjero por los investigadores del Departamento a lo largo de todo el período, si exceptuamos el breve artículo firmado junto a K. Lonsdale por Amorós (*Nature*, **166**, 391-393) meramente informativo acerca del desarrollo de la cristalografía en España.

³⁹⁵ Según J. Solans, la polémica en cuestión comportaría la marginación de Pardillo para siempre, por parte de los naturalistas de la capital. Entrevista a J. Solans Huguet.

³⁹⁶ Valera y López (2001), 273.

³⁹⁷ Creada en 1952, esta Sección operaba en un compartimento contiguo al del Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Ante la creciente relación, se eliminó una puerta que separaba ambos grupos. Entrevista con Emma Sainz-Amor.

rayos X por los cristales, utilizando para tal efecto la instalación de rayos X del Departamento de Cristalografía y Mineralogía.³⁹⁸

En último lugar, y para poder establecer un paralelismo todavía más completo con el anterior grupo, podemos ahora fijarnos en las visitas que recibió el Departamento barcelonés por parte de profesores extranjeros. Al hacerlo, vemos que éstas se iniciaron por las mismas fechas, aunque la relación de nombres sea diferente. Así, tenemos constancia de una primera relación de visitantes:³⁹⁹ Noel Joel, de Santiago de Chile; César Alexopoulos, de Atenas; Prof. Newnkamp, de Utrecht. A estas le siguieron otras:⁴⁰⁰ H. MacD. McGeachin, de la Universidad de Edimburgo; Prof. MacEwan, de la Rothamsted Experimental Station de Harpenden (Inglaterra); Prof. Henry, de Cambridge.

3.5 El Laboratorio de Física en la Universidad de Ciencias de Sevilla.

Del mismo modo que el anterior, el tercero de los grupos de esta segunda etapa se formó alrededor de una cátedra universitaria, en este caso la de Luis Brú Villaseca (1909-1997) en la Universidad de Ciencias de Sevilla.⁴⁰¹ Discípulo, como vimos, de Palacios en la Cátedra Cajal, Brú se incorporó a la única cátedra de Física de la universidad sevillana a finales de 1942, para suplir la baja de Luis Abaurrea Cuadrado.⁴⁰² Por aquel entonces, la Universidad de Ciencias de Sevilla sólo ofertaba la licenciatura de Química,⁴⁰³ situación que condicionó, sobre todo al principio, las actividades del Laboratorio de Física asociado a la cátedra de Brú. Así, si bien en 1943 el equipo sevillano se adscribió al CSIC, lo hizo al Instituto de Química Alonso Barba y en tanto Sección de Química, conjuntamente con el resto de grupos de su Facultad. No fue hasta 1946 que su adscripción al CSIC tuvo un carácter propio, como Sección de

³⁹⁸ *Memorias de la Delegación del CSIC en Barcelona* (1954-55), 163.

³⁹⁹ *Memorias de la Delegación del CSIC en Barcelona* (1952-53), 215.

⁴⁰⁰ *Memorias de la Delegación del CSIC en Barcelona* (1954-55), 181.

⁴⁰¹ Como en el caso barcelonés, este grupo tampoco realizó Memorias a título propio, cosa común en esa época en los grupos de investigación dependientes de una universidad. La información sobre sus actividades las hemos obtenido de: *Memorias del CESIC*, Brú (1982)a, Márquez (1997), Gómez Herrera (1997) y de las entrevistas mantenidas con Rafael Márquez Delgado, Carlos Gómez Herrera, Amparo López Castro, Vicente Hernández Montis y Pedro Muñoz González, así como de varios manuscritos inéditos facilitados por algunas de las citadas personas.

⁴⁰² Sobre la depuración de Brú y su previa estancia en la Universidad de La Laguna, v. notas 259-262.

⁴⁰³ Hasta 1963 no se crearía una Sección de Ciencias Físicas en la Universidad de Sevilla.

Física de Sevilla del Instituto de Química-Física Antonio de Gregorio Rocasolano (Patronato Alfonso el Sabio).⁴⁰⁴

Antes de la creación de esta última Sección, las investigaciones que impulsó Brú desde el Laboratorio de Física nada tuvieron que ver con los trabajos sobre estructuras cristalinas. La falta de medios y el encontrarse en una Facultad de Química fueron los elementos principales:⁴⁰⁵

“Las tareas investigadoras y de formación de investigadores las comienza Brú desde el primer momento, aprovechando al máximo los escasos aparatos de precisión de que disponía, no sólo en el gabinete de Física sino incluso en la propia Facultad ... No es sólo que se careciese de material para la investigación y fuese de todo punto imposible importarlo de fuera de nuestras fronteras, es que se carecía incluso de los recursos mínimos indispensables para sostener la investigación más modesta; el ingenio, junto con el esfuerzo, el tesón y el derroche de tiempo tenían que suplir la falta de medios ... En aquella época, en España, tal vez con la excepción de Madrid, un catedrático de universidad no podía elegir el propio campo de investigación de acuerdo con sus aptitudes, con su formación anterior o sus aficiones, sino que tenía que supeditarse, sobre todo, a los escasos recursos que el azar, en muchas ocasiones, ponía a su alcance. Y Brú hubo de encontrarse con todas estas dificultades, acentuadas por el hecho de que en la Universidad de Sevilla se carecía de toda tradición investigadora en el campo de la física. Brú, que estuvo decidido desde el primer momento a realizar investigación, supo adaptarse rápidamente a esas circunstancias y al hecho de encontrarse en una Facultad de Química, con los intereses propios de una Facultad de este tipo y teniendo como colaboradores sólo a licenciados en Química.”

Así, las primeras investigaciones se realizaron sobre electroquímica, línea de trabajo que requiere de poco y sencillo equipo experimental. Tras unos primeros trabajos sobre medidas de velocidades de reacción realizados con el único oscilógrafo de rayos catódicos existente en toda la Facultad, se emprendieron estudios sobre la determinación de coeficientes medios de actividad en pilas, la polarización rotatoria magnética, el comportamiento de electrolitos frente a un impulso de tensión y sobre conductores de núcleo. Estas investigaciones se prolongaron hasta comienzos de la década de 1950 y en ellas se usaron los pocos aparatos del Laboratorio de Física: dos cajas de resistencias, un galvanómetro, un electroimán y un polarímetro.⁴⁰⁶

No obstante, en cuanto le fue posible Brú retornó a ejercer la investigación en un área más próxima a sus anteriores trabajos junto a Palacios. A la adscripción al Instituto

⁴⁰⁴ Para la creación de esta Sección, fue determinante el apoyo de Manuel Lora Tamayo y de José M^a Albareda. Brú (1982)a, 92.

⁴⁰⁵ “Llegada del Profesor Luis Brú a la Facultad de Ciencias de Sevilla”. Manuscrito inédito facilitado por su autor, R. Márquez Delgado.

⁴⁰⁶ Sobre estos trabajos y los artículos producidos, v. Gómez Herrera (1997), 337-342.

Rocasolano le siguió otra posterior al Instituto de Física Alonso de Santa Cruz, centro del CSIC al que quedó definitivamente vinculado el grupo a partir de 1950. Con el impulso de estas adscripciones al CSIC, a partir de finales de la década de 1940 Brú simultanearía la dirección de los trabajos de electroquímica con la introducción de los estudios en DEC y materias afines en su grupo de investigación. La única relación oficial del personal de la Sección presente en las Memorias del CSIC es la siguiente:⁴⁰⁷

Jefe: Luis Brú Villaseca.- *Ayudante:* Manuel Pérez Rodríguez.- *Investigadora científica:* Mercedes Cubero Robles.- *Colaboradores eventuales:* Rosario Vega Sánchez, Amparo López Castro e Isabel Barragán Pérez.- *Becarios:* Luis Roldán González, Rafael Márquez Delgado, Pedro Muñoz González, Felicísimo Ramos Fernández y Esperanza Moreno Echevarría.- *Colaboradores:* Antonio Pérez Puente, Juan Díaz Gutiérrez, Manuel Olmedo Lozano y Enrique Cubero Robles.⁴⁰⁸ A estos nombres hay que sumar los siguientes, colaboradores algunos años atrás: Carlos Gómez Herrera, Vicente Cortés Muñoz, José M^a García García, Vicente Hernández Montis, Miguel García Gea y Armando Priegue Guerra. A finales de 1955 Brú se marchó a Madrid, al obtener una cátedra en la Universidad Complutense, haciéndose cargo del grupo M. Pérez Rodríguez, ayudado por M. Cubero.⁴⁰⁹

La adscripción al CSIC tampoco representó una gran ayuda económica. No en vano, el presupuesto asignado a la Sección para 1950 fue de sólo 25.570,00 ptas.,⁴¹⁰ claramente menor al del grupo de Barcelona y ya no digamos al de la “Sección de Rayos X” del Alonso de Santa Cruz en Madrid. Una buena muestra de las dificultades materiales padecidas desde el Laboratorio de Física de la Universidad de Sevilla la encontramos en el suministro de energía eléctrica:⁴¹¹

“La Compañía Sevillana de Electricidad daba corriente a la red durante toda la noche y algunas horas del día. Para disponer de energía eléctrica durante el trabajo, usábamos baterías de acumuladores de plomo de las empleadas entonces en los camiones de transporte. Cuando se nos quedaban descargadas, por las noches se dejaban cargando conectadas a la red. Como la Compañía ponía en contacto directo los extremos de sus generadores de corriente durante los cortes

⁴⁰⁷ *Memorias del CSIC* (1952-54), 907. La formación de todos ellos, a excepción de Brú, era en Química.

⁴⁰⁸ Hay que precisar que, por lo que hemos podido averiguar, buena parte de estas personas se incorporaron al grupo en el tramo final del período.

⁴⁰⁹ Los trabajos de la Sección sevillana durante la década de 1960 pivotarían alrededor de estos dos autores. El grado de consolidación alcanzado por la Sección, así como la continuación de la labor realizada en su seno tras la marcha de L. Brú puede seguirse en Valera y López (2001), 309-310.

⁴¹⁰ *Memorias del CSIC* (1950), 418. Esta cifra se aumentaría sensiblemente para el binomio 1952-54, con una asignación de 73.956,84 ptas anuales: *Memorias del CSIC* (1952-54), 958.

⁴¹¹ “Recuerdos de la estancia de Carlos Gómez Herrera en la cátedra de Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Sevilla (1943-1951)”. Manuscrito inédito facilitado por C. Gómez Herrera.

de suministro, para evitar la descarga de las baterías a través de la red nos era necesario utilizar unos relés especiales de fabricación casera para anular la conexión de las baterías a la red cuando había corte.”

Los insuficientes medios de la Sección también tendrían plasmación en la pobre dotación instrumental del grupo. Así, el bajo presupuesto asignado por el CSIC, unido a la nula aportación de la Universidad, convirtieron en una dificultad nada menor la adquisición de aparatos de rayos X, una vez decidida la orientación del grupo hacia los trabajos en DEC. Así, el primer equipamiento de rayos X no se procedió a instalar hasta 1951,⁴¹² y sería bastante rudimentario:⁴¹³

“Era un equipo de rayos X que se había fabricado aquí en el Laboratorio. Al ser de tubo desmontable, había que estar vigilando el vacío constantemente durante su funcionamiento, y debido a los cortes de luz, tan frecuentes en aquella época, debíamos turnarnos junto a él para apagarlo en cuanto se iba la luz.”

Al parecer, el equipo en cuestión fue ideado por Brú y Pérez Rodríguez, siendo instalado por un ingeniero.⁴¹⁴ Poco después, tenemos constancia de la instalación de un equipo para la difracción de la luz.⁴¹⁵ Más que potenciar los trabajos de difracción de rayos X, el principal interés de Brú era la realización de estudios en DEC mediante la difracción de electrones, línea de investigación en que se había basado su colaboración en la Cátedra Cajal. No obstante la mayor complicación de estos equipos, Brú consiguió hacerse con uno, aunque éste no llegaría a instalarse en su Laboratorio de Sevilla. El proceso de adquisición del mismo permite mostrar las dificultades existentes en la España del momento para la importación de instrumentos científicos. Así, la posibilidad de dotarse con uno de estos equipos surgió gracias al contacto con una eminencia extranjera en el campo de la difracción de electrones:⁴¹⁶

“En 1950 [1949]⁴¹⁷ Brú realiza una estancia en el Imperial College [Londres] con el Profesor G. I. Finch,⁴¹⁸ quien posteriormente habría de visitar la Universidad de Sevilla,⁴¹⁹ y ante la penuria de medios que encuentra en nuestro laboratorio, le ayuda a conseguir un equipo de difracción de electrones.”

⁴¹² *Memorias del CSIC* (1951), 266.

⁴¹³ Márquez (1997), 330.

⁴¹⁴ Entrevista con A. López Castro.

⁴¹⁵ *Memorias del CSIC* (1952-54), 909.

⁴¹⁶ Márquez (1997), 331.

⁴¹⁷ La estancia, de tres meses y financiada por el CSIC, tuvo lugar en 1949. *Memorias del CSIC* (1949), 294.

⁴¹⁸ Por esa época, Finch era el director de los Applied Physical Chemistry Laboratories en dicho centro.

⁴¹⁹ Esta visita tuvo lugar en 1950 y sería la única visita que nos consta de un investigador extranjero a la Sección sevillana. Acta de la sesión de la RSEFQ, Sección de Sevilla, del 22 de mayo de 1950. *Anales*, **46** (A), II, 58.

Poseedor de la patente de un tipo de estos equipos, Finch le dio facilidades a Brú para que éste instalara uno en Sevilla.⁴²⁰ Ahora bien, las gestiones para hacer realidad el proyecto se alargaron de tal manera que hasta finales de 1955 Brú no conseguiría su objetivo, no pudiendo tampoco dotarse de un equipo de alta calidad:⁴²¹

“Aunque dicho equipo lo había conseguido Brú para Sevilla, al obtener Brú su cátedra en la Universidad Complutense el equipo no llegó a desembalsarse en Sevilla, sino que fue directamente a Madrid, donde lo monté yo junto con otro compañero. Nosotros apenas teníamos noción de lo que era un equipo de difracción de electrones, además no teníamos prácticamente ninguna bibliografía. Así que, sin esquemas ni nada, nos costó mucho trabajo montarlo. No teníamos cámara de evaporación para vacío, con objeto de poder preparar las muestras. De manera que consistía en un tubo de vidrio cerrado por un extremo, mientras que en el otro extremo le acoplamos un tapón de goma que habíamos perforado, por donde penetraban los electrodos para poder hacer la evaporación del material que queríamos dentro del tubo. Es decir, era un aparato completamente casero, con el cual se podía conseguir un vacío bastante malo.”

Como en el caso del grupo de Barcelona, la adscripción al CSIC tenía su principal interés en la posibilidad que se abría para los integrantes del equipo de cara a conseguir plazas de colaborador y becas varias. Como quedó reflejado en la relación de personal, varios de ellos obtuvieron algún tipo de ayuda.⁴²² En cuanto a las becas para estancias en centros extranjeros, sólo se empezó a gozar de ellas hacia los últimos años del período. Así, tras la referida estancia de Brú en el Imperial College de Londres, sólo tenemos constancia de las siguientes becas conseguidas:

L. Brú, un mes en Londres; A. Priegue, un año en Boston trabajando con el Prof. Norton sobre tensiones residuales; M. Cubero, un año en Graz trabajando con el Prof. H. Heritsch sobre DEC mediante rayos X.⁴²³ L. Brú, un mes en Zurich en 1955.⁴²⁴

Tras mostrar el estado del grupo investigador en cuanto a recursos disponibles, es hora ya de considerar el tipo de trabajos que se realizaron en la Sección sevillana. Podemos clasificar a los mismos en tres líneas de investigación. La primera de ellas comprende una serie de artículos (5) dedicados a la analogía entre el fenómeno de la difracción por rayos X de los cristales y la difracción de la luz por redes

⁴²⁰ Entrevista con C. Gómez Herrera.

⁴²¹ Entrevista con R. Márquez Delgado.

⁴²² La mayoría provino del mismo CSIC, aunque en algún caso se consiguió financiación de otras instituciones (por ejemplo, Luis Roldán gozó de una ayuda del Ayuntamiento de Sevilla). De todos modos, la percepción actual de los diferentes miembros entrevistados es de una insuficiencia aguda de las mismas, que hacía que la mayoría de ellos tuviera que hacer algún otro trabajo para ganarse la vida.

⁴²³ Para estas tres primeras estancias: *Memorias del CSIC* (1952-54), 909.

⁴²⁴ *Memorias del CSIC* (1955-57), 561.

bidimensionales.⁴²⁵ Este primer grupo de trabajos constituye una clara muestra de la anteriormente comentada pobre dotación instrumental del grupo. Debido a la imposibilidad de llevar a cabo estudios en DEC mediante rayos X, se limitó el trabajo experimental a la más asequible difracción de la luz, comparando este fenómeno con los datos de los diagramas de rayos X obtenidos en otros centros.

En un segundo grupo de artículos (3) se abundó en la analogía de los fenómenos de difracción, esta vez entre la difracción de electrones y la de la luz, gracias a un ingenioso método de simulación de la difracción electrónica mediante la sufrida por la luz al atravesar un conjunto de rendijas adecuadamente dispuestas.⁴²⁶

Finalmente, el grupo más numeroso de artículos (10) estará ya directamente dedicado a la DEC, aunque con la atención fijada en diferentes metodologías, métodos ópticos principalmente, para hacer más sencillo el proceso de determinación de las estructuras cristalinas.⁴²⁷ Resultan especialmente interesantes los trabajos sobre la máquina fotosumadora de Eller, aparato desarrollado con la intención de agilizar el

⁴²⁵ Brú, L. y Cubero, M. (1948), "Contribución al estudio del microscopio de rayos X. I.", *Anales*, **44** (A), 339-364; Brú, L. y Cubero, M. (1949), "Contribución al estudio del microscopio de rayos X. II.", *Anales*, **45** (A), 421-434; Brú, L. y Cubero, M. (1950), "Contribución al estudio del microscopio de rayos X. III", *Anales*, **46** (A), 5-24; Brú, L., Cubero, M. y Vega, R. (1950), "Contribución al estudio del microscopio de rayos X. IV. Estructura del rutilo (TiO₂)", *Anales*, **46** (A), 317-320; Brú, L. y Cubero, M. (1952), "Redes de difracción homométricas", *Anales*, **48** (A), 35-36; Los títulos de los cuatro primeros artículos refieren al hecho de que la concepción de un microscopio de rayos X (aparato que todavía no ha conseguido construirse) se basa en la analogía existente entre ambos fenómenos de difracción.

⁴²⁶ Brú, L., Pérez Rodríguez, M. y Vega, R. (1952), "Analogías entre la difracción de la luz y difracción de electrones por moléculas gaseosas", *Anales*, **48** (A), 81-88; Pérez Rodríguez, M., Vega, R. y García García, J.M. (1953), "Analogías entre la difracción de la luz y difracción de electrones por moléculas gaseosas. II. Moléculas de Cl₂O, ClO₂ y NO₂", *Anales*, **49** (A), 5-16; Brú, L., Pérez Rodríguez, M. y Vega, R. (1953), "Analogías entre la difracción de la luz y difracción de electrones por moléculas gaseosas. III. Moléculas no rígidas", *Anales*, **49** (A), 87-90.

⁴²⁷ Brú, L. y Gharpurey, K. G. (1951), "Epitaxia de la plata sobre las caras (110) y (111) de la sal gema", *Anales*, **47** (A), 101-110; Brú, L., Pérez Rodríguez, M. y Cortés, V. (1952), "Sobre los diagramas parciales de Patterson. Aplicación a la estructura del NiSi", *Anales*, **48** (A), 187-190; Cubero, M. y Hernández Montis, V. (1952), "Métodos ópticos en la determinación de estructuras por rayos X", *Anales*, **48** (A), 133-134; Brú, L., Cubero, M. y Hernández Montis, V. (1953), "Métodos ópticos en la determinación de estructuras cristalinas. II.", *Anales*, **49** (A), 77-86; Brú, L., Pérez Rodríguez, M. y López Castro, A. (1953), "Cálculo de factores de estructura mediante una modificación de la máquina óptica de Eller", *Anales*, **49** (A), 311-314; Pérez Rodríguez, M. y López Castro, A. (1953), "Un método fotográfico para la obtención de la función producto de Buerger. Nota", *Anales*, **49** (A), 341-346; Brú, L., Pérez Rodríguez y García Gea, M. (1954), "Método óptico para el afinado de estructuras cristalinas", *Anales*, **50** (A), 133-134; Brú, L., Cubero, M. y Pérez Rodríguez, M. (1954), "Determinación de estructuras por el método directo mediante la máquina de Eller. I.", *Anales*, **50** (A), 105-106; Brú, L., García García, J.M. y Pérez Rodríguez, M. (1955), "Aplicación de la máquina de Eller al estudio de estructuras de moléculas gaseosas mediante la difracción de electrones", *Anales*, **51** (A), 163-172; Brú, L., Pérez Rodríguez, M. y López Castro, A. (1955), "Aplicación de la máquina óptica de Eller a la determinación de estructuras cristalinas", *Anales*, **51**(A), 115-120.

proceso de cálculo en DEC. La construcción de este instrumento tuvo lugar de la siguiente manera:⁴²⁸

“En el año 1951, el Prof. Brú asiste al Congreso Internacional de Cristalografía que se celebra en Estocolmo, donde un francés, Gerald von Eller, presenta un aparato de su invención que permite sumar ópticamente series de Fourier. Don Luis se da cuenta enseguida de que ese aparato en nuestras manos podía resultar sumamente valioso en el largo proceso de cálculos que conlleva la determinación de estructuras cristalinas, y logra hacerse con una copia de la máscara óptica que utiliza la máquina y de un croquis de ésta. Ya en Sevilla, auxiliado por Manuel Pérez Rodríguez y por Mercedes Cubero, llega a construir un fotosumador de Eller⁴²⁹ ... En el Simposio Internacional de Cristalografía que se celebró en Madrid en 1956, al que asistió von Eller, como discutiésemos con éste algunos puntos acerca de la utilización del fotosumador, nos dijo que habíamos sabido sacar en Sevilla más partido a su máquina que él mismo; hasta tal punto agotábamos las posibilidades del escaso material de que disponíamos.”

Las mejoras del aparato respecto al uso del mismo por Eller no fueron menores. Así lo expresaba Manuel Pérez Rodríguez, al presentar uno de los artículos considerados en una reunión de la RSEFQ (Sección de Sevilla):⁴³⁰

“En un trabajo de Eller se da cuenta de cómo el artificio óptico por él ideado es capaz de servir para calcular los factores de estructura en el caso de moléculas cuyos átomos tengan un factor atómico representable por una misma función, salvo una constante. Esta limitación hace que el procedimiento sea de poca utilidad. En este trabajo exponemos una modificación, que nosotros hemos introducido en la máquina de Eller, mediante la cual es posible calcular factores de estructura, cualquiera que sea la forma de la función factor atómico de los átomos que la integran. Hemos llegado a calcular de un modo rápido, sencillo y seguro los signos de los factores de estructura.”

Entre el resto de artículos de este último grupo también destaca otro, en el cual se realiza la primera aplicación experimental de una determinada derivación del método de Patterson.⁴³¹ El trabajo constituye un exitoso intento por contribuir a resolver una cuestión abierta en el campo de la DEC del momento, y remite lógicamente a trabajos de reciente elaboración en el extranjero, lo cual representa una inmejorable muestra de la voluntad de incidencia del grupo sevillano en la vanguardia científica internacional. Esto último también se muestra en los esfuerzos por publicar en el extranjero. Así, a

⁴²⁸ Márquez (1997), 331.

⁴²⁹ El aparato estaría listo en el mismo 1951. *Memorias del CSIC* (1951), 266. Un segundo equipo se construyó en 1955. *Memorias del CSIC* (1955-57), 561.

⁴³⁰ Acta de la sesión de la RSEFQ, Sección de Sevilla, del 10 de diciembre de 1952. *Anales*, **49** (A), II, 10. El artículo en cuestión es: Brú, L., Pérez Rodríguez, M. y López Castro, A. (1953), “Cálculo de factores de estructura mediante una modificación de la máquina óptica de Eller”, *Anales*, **49** (A), 311-314.

⁴³¹ Brú, L., Pérez Rodríguez, M. y Cortés, V. (1952), “Sobre los diagramas parciales de Patterson. Aplicación a la estructura del NiSi”, *Anales*, **48** (A), 187-190.

diferencia de los dos anteriores grupos, el grupo de Sevilla se prodigó un poco más, con un total de 4 artículos, si bien estos no fueron más que traducciones de algunos de los trabajos ya producidos.⁴³²

Finalmente, respecto al conjunto de artículos vale la pena resaltar el hecho de que la totalidad de los mismos se publicaron en una única revista, *Anales de la RSEFQ* (Sección de Física).⁴³³ Igualmente, también resulta destacable el alto índice de participación del Jefe de la Sección, Luis Brú, presente como coautor en más del 80 % de los trabajos.

Algo que diferencia claramente al grupo de la Universidad de Sevilla de los dos anteriores es la falta de una serie de trabajos dedicados a la determinación sistemática de estructuras de diferentes compuestos,⁴³⁴ cuestión que se entiende perfectamente si se tiene en cuenta el déficit instrumental del grupo sevillano. Esta circunstancia, sin embargo, ha sido contemplada positivamente a la hora de realizar una valoración de las actividades del grupo investigador:⁴³⁵

“El más sólido de los equipos de trabajo de esta área [cristalografía y física de los sólidos] es sin duda el que tiene como protagonista a L. Brú ... En contra de lo que sucedió con el grupo madrileño, el de Sevilla (al menos durante la etapa de posguerra) no volcó el grueso de su labor en meras investigaciones sistemáticas sobre determinación de estructuras, sino que se adentró en los propios métodos de investigación de la materia cristalina.”

Como hemos podido comprobar, este interés fue algo común a los tres grupos estudiados. Ahora bien, lo que sí es cierto es que la producción del grupo sevillano,

⁴³² Brú, L., Pérez Rodríguez, M. y Cubero, M. (1952), “Application of Eller’s optical machine to the determination of the molecular structure of gases by electron diffraction”, *Journal of Chemical Physics*, **20**, 1069-1070; Brú, L., Pérez Rodríguez, M. y Cubero, M. (1952), “Application of Eller’s optical machine to the determination of the molecular structure of gases by electron diffraction. II. Nonrigid molecules”, *Journal of Chemical Physics*, **20**, 1911-1913; Brú, L., Pérez Rodríguez, M. y Vega, R. (1952), “Analogies between the diffraction of light and electron diffraction by gas molecules”, *Proceedings of the Physical Society*, **65 B**, 249-255; Brú, L. y Cubero, M. (1952), “Homometric diffraction gratings”, *Proceedings of the Physical Society*, **65 B**, 255-256. Hay que añadir que esta voluntad de llegar a la comunidad internacional ya se había producido en los anteriores trabajos electrolíticos: Brú, L. y Gómez Herrera, C. (1947), “Electrolytic behaviour in the presence of a tension impulsion”, *Journal of Chemical Physics*, **15**, 152.

⁴³³ Sin embargo, a partir de su adscripción al Instituto Alonso de Santa Cruz en 1950, los artículos de la Sección de Sevilla también se publicaron en la revista de dicho instituto, con la consiguiente duplicidad.

⁴³⁴ No obstante, en algunos de los artículos del tercer grupo las modificaciones propuestas para los métodos de cálculo a menudo incorporaron una aplicación práctica a determinados compuestos. Así, por ejemplo, en: Brú, L., Cubero, M. y Pérez Rodríguez, M. (1954), donde la máquina de Eller es aplicada a la determinación de la estructura de la thaumasita. En este trabajo se atribuye el estudio de esta sustancia a una sugerencia de H. Herisch, director del Petrographisches Institut der Universität de Gaz, centro donde uno de los autores del artículo realizó una estancia. El hecho de que los diagramas de rayos X necesarios para el estudio de la thaumasita se obtuvieran en el referido centro es altamente indicativo del comentado déficit instrumental sevillano.

⁴³⁵ Valera y López (2001), 271.

mucho menor en número de trabajos pero homologable en calidad científica a los otros dos, fue realizada con muchos menos medios.

3.6 Grado de cohesión de los diferentes grupos e integración en la comunidad internacional.

De la extensa documentación consultada se desprende que, en rigor, no existieron más grupos de investigación en DEC durante el período 1940-55 que los tres grupos aquí descritos. Entrevistas con integrantes de todos ellos así lo ratifican. Asimismo, en una obra a la cual ya nos referimos anteriormente se señala, pese a su obvia limitación,⁴³⁶ a los mismos grupos como únicos centros de la producción española en “Cristalografía y Física de los Sólidos” durante el citado período.⁴³⁷ De todos modos, antes de mostrar el grado en que estos grupos se relacionaron y de cara a disponer de una perspectiva completa de las investigaciones en DEC en España, no está de más considerar, de acuerdo con las fuentes disponibles, si no hubo algún otro intento por abordar este tipo de estudios, aunque éste no fructificara en la consolidación de ningún otro grupo investigador.

Muy brevemente, mencionaremos los dos únicos núcleos de actividad que hemos podido detectar. El primero de ellos tuvo su sede en la Universidad de Zaragoza, donde se creó en 1944 una “Sección de Física” adscrita al Instituto Alonso de Santa Cruz, dirigida por Juan Cabrera Felipe.⁴³⁸ Ya tuvimos ocasión de comprobar el interés de este investigador por los estudios en DEC, que motivó su estancia en Francia pensionado por la JAE y su posterior colaboración con la Cátedra Cajal en el LIF. La pretensión de continuar este tipo de investigaciones en Zaragoza recibió la ayuda del CSIC con la rápida donación de nada menos que la primera de las cámaras de Weissenberg construidas por el Instituto Torres Quevedo.⁴³⁹ También, el mismo J. Cabrera sería pensionado por la Junta de Relaciones Culturales para estudiar la técnica de la determinación de estructuras cristalinas en el Cavendish Laboratory de

⁴³⁶ Valera y López (2001), 268-274. Recordemos que dicha obra sólo contempla los trabajos aparecidos en los *Anales*.

⁴³⁷ La exactitud de esta afirmación permite entender que en una fecha tan avanzada como 1989, hasta un 76,5 % de la población de cristalógrafos españoles se distribuyera entre las Comunidades Autónomas de Barcelona, Madrid y Andalucía. v. Solans, X. (1989), 646. En su estudio, Solans es claro al atribuir este dato al peculiar desarrollo histórico de la cristalografía en España.

⁴³⁸ *Memorias del CSIC* (1944), 277.

⁴³⁹ *Memorias del CSIC* (1945), 363. Ya señalado en la nota 335.

Cambridge.⁴⁴⁰ No obstante este impulso inicial, la investigación del incipiente grupo quedó prácticamente en nada, como lo demuestra la publicación de un único artículo.⁴⁴¹ José Miguel Gamboa fue el único colaborador de Cabrera, pero su actividad en este tipo de investigaciones sólo aparece referida dos veces en las Sesiones de la RSEFQ.⁴⁴² Hay que decir que no parece que la dotación instrumental de la Sección fuese deficiente, pues en una de estas dos sesiones se explicita la posesión de una cámara de Debye-Scherrer, mientras que en el citado artículo, aparte de usar la recién adquirida cámara de Weissenberg, se emplea también un equipo de cristal giratorio. Un vistazo a los sucesivos presupuestos asignados por el CSIC a la Sección zaragozana refleja bastante bien la evolución de esta última. Así, a una primera asignación nada despreciable para un grupo adscrito al CSIC le seguirían unos años de un cierto estancamiento en el valor de las partidas económicas asignadas, signo inequívoco del bajo nivel de actividad desplegado por la Sección.⁴⁴³ Un dato que sorprende es el diferente apoyo económico que tuvieron en su inicio la Sección zaragozana y su homóloga sevillana, ambas vinculadas al CSIC mediante grupos universitarios de provincias, situación que se invertiría al comprobar la dispar actividad de ambos centros.⁴⁴⁴

Un segundo foco de interés para las investigaciones en DEC que merece también un breve comentario son los estudios que se realizaron desde centros pertenecientes al sector de la metalurgia, habida cuenta del reconocimiento mundial de la importancia de las técnicas de difracción de rayos X para este ámbito, que tuvo lugar por estas fechas. En España, el centro básico de referencia fue el Instituto del Hierro y del Acero (IHA), también del CSIC.⁴⁴⁵ Fundado en 1947, en 1953 se destacó la “Sección de Metalografía, rayos X y ensayos eléctricos y magnéticos” dentro del “Departamento de Investigación Básica y Aplicaciones”. Bajo la dirección de Francisco Muñoz del Corral (químico), completaban la lista de colaboradores el químico José M^a Bermúdez de Castro

⁴⁴⁰ *Memorias del CSIC* (1948), 230.

⁴⁴¹ Cabrera, J. y Gamboa, J.M. (1945), “Sobre la estructura del aurotiosulfato sódico bihidratado”, *Anales*, **41**, 1387-1389. Durante la segunda mitad de la década de 1940, los pocos trabajos realizados desde la Sección tuvieron que ver con temáticas completamente diferentes.

⁴⁴² Las dos con motivo de dar cuenta de sus progresos en la determinación del compuesto objeto del referido artículo. Acta de la sesión de la RSEFQ, Sección de Zaragoza, del 12 de junio de 1945. *Anales*, **41**, II, 78; Acta de la sesión de la RSEFQ, Sección de Zaragoza, del 10 de febrero de 1947. *Anales*, **43**, II, 21.

⁴⁴³ El presupuesto para 1945 fue de 40.496,70 ptas: *Memorias del CSIC* (1945), 526; para 1950, de 36.247,23 ptas: *Memorias del CSIC* (1950), 417; mientras que para el binomio 1952-54 fue de 49.630,00 ptas: *Memorias del CSIC* (1952-54), 957.

⁴⁴⁴ Sobre los presupuestos de la Sección de Física de Sevilla, v. nota 410.

⁴⁴⁵ La información sobre el IHA ha sido obtenido de la consulta de las *Memorias de las actividades desarrolladas por el Instituto del Hierro y del Acero*.

Mosquera y los físicos José Ors Martínez y Víctor Sánchez-Girón Núñez.⁴⁴⁶ Las revistas en que se publicaron los diferentes artículos sobre metalografía y cuestiones afines fueron la *Revista del Instituto del Hierro y del Acero* y *Técnica Metalúrgica*.

Sin embargo, los trabajos en DEC no fueron precisamente el eje central de la aplicación de la difracción de rayos X a las actividades metalúrgicas. Entre los diferentes usos de la difracción de rayos X encontramos estudios sobre depósitos electrolíticos, la fragilidad del revenido en los aceros, radiografía de soldaduras y análisis de minerales. Estas últimas investigaciones fueron las más cercanas a las llevadas a cabo en los diferentes grupos de investigación descritos.⁴⁴⁷ De todos modos, resulta de justicia emparentarlas más con el análisis químico que con las investigaciones principalmente consideradas a lo largo del presente trabajo. No obstante, debido a la similitud de las técnicas instrumentales usadas, el examen de los trabajos generados desde el IHA permite establecer conexiones de interés con alguno de los grupos de investigación considerados. Así, en un trabajo anterior a la creación de la Sección de Rayos X del IHA, encontramos el siguiente comentario:⁴⁴⁸

“Han constituido substanciales ayudas en la ejecución de este trabajo el espontáneo y amable ofrecimiento de sus laboratorios por parte del Instituto Alonso de Santa Cruz (CSIC). En ellos se ha realizado la parte roentgenográfica de este breve estudio, merced a la asistencia constante de Julio Garrido, Ayudante de la Sección e Ingeniero del INTA.”

Este episodio acerca de la colaboración entre el IHA y la “Sección de rayos X” del Alonso de Santa Cruz nos invita a abordar el grado en que se relacionaron entre sí los tres grupos de investigación españoles en DEC, como cuestión previa a la ulterior sobre el nivel de cohesión en la temática de la DEC en España. Habida cuenta de que todos los grupos otorgaron una importancia central a los *Anales de la RSEFQ* en la difusión de sus artículos, parece razonable comenzar refiriéndonos al papel de la RSEFQ como plataforma de presentación de los diferentes trabajos y del debate alrededor de los mismos. De hecho, las sesiones de reunión de la RSEFQ son una

⁴⁴⁶ Como vimos, J. Ors había sido también miembro de la “Sección de rayos X” del Instituto Alonso de Santa Cruz (nota 284).

⁴⁴⁷ Como muestra de ellas podemos referir el trabajo “Contribución al estudio de la constitución química de aglomerados de mineral de hierro. Identificación de las especies químicas por difracción de rayos X” (*Memorias de las actividades desarrolladas por el Instituto del Hierro y del Acero* (1953), 52), realizado en colaboración con la “Sección de Química y Físico-Química” del IHA, donde se aplica la difracción de rayos X a muestras pulverizadas de aglomerados de mineral de hierro para determinar cualitativamente las diferentes especies químicas existentes.

⁴⁴⁸ Navarro Alcaer, J. y Martínez-Cros, J. (1948), “Estudios sobre tierras de moldeo. I. Análisis químico e identificación roentgenográfica de algunos aglomerantes”, *I Asamblea General del IHA*, 1, 345-354.

excelente muestra de la investigación en España de todas aquellas cuestiones afines a la física y a la química durante el período aquí considerado, pues desde 1940 hasta bien entrada la década de 1960 tuvo lugar una fuerte imbricación entre la RSEFQ y el CSIC,⁴⁴⁹ organismo productor en proporción mayoritaria de las investigaciones científicas en nuestro país. Ahora bien, la importancia de la RSEFQ para todos los grupos aquí considerados no redundó en una gran interacción entre los mismos, pues éstos participaron con continuidad en las sesiones de sus respectivas Secciones Locales,⁴⁵⁰ siendo la convocatoria de Sesiones Nacionales algo intermitente e incluyendo un abanico temático de gran amplitud.⁴⁵¹ Como se aprecia al fijarse en los artículos producidos, la firma conjunta de los mismos entre miembros de diferentes grupos no se dio en ninguna ocasión. Si bien la publicación de los respectivos trabajos en los *Anales* permitió que todos los grupos se mantuvieran bien informados respecto a las actividades de los demás, no hubo colaboración científica entre los diferentes grupos de investigación,⁴⁵² excepto alguna tímida interacción motivada por las acuciantes dificultades instrumentales, que ni mucho menos se convirtió en regla general.⁴⁵³ Sí es cierto, como vimos, que dos de los grupos, pese a estar geográficamente separados, publicaron en una revista de edición propia al pertenecer ambos a la institución responsable, el Instituto Alonso de Santa Cruz. Ahora bien, este hecho no conllevó ningún tipo de relación respecto a la orientación científica de los trabajos publicados.

La poca relación entre los diferentes grupos dedicados a la DEC, no facilitada por la pertenencia de los tres grupos en cuestión a centros de orientaciones disciplinares diferentes, motivó, junto con la adhesión de España a la International Union of Crystallography, la fundación de la Sociedad Española de Cristalografía, que celebró su 1ª Reunión en Barcelona, en julio de 1950:⁴⁵⁴

⁴⁴⁹ Valera y López (2001), 229.

⁴⁵⁰ La primera Sección Local de la RSEFQ se constituyó en Sevilla en 1928, creándose la mayoría del resto de secciones durante la primera mitad de la década de 1930. Valera y López (2001), 57-60.

⁴⁵¹ Después de una reunión en 1940, las Sesiones Nacionales serían bianuales a partir de 1946 y englobarían todas las ramas de la física y de la química.

⁴⁵² Esta afirmación ha sido ratificada por las entrevistas efectuadas a diferentes miembros de los tres grupos considerados. Ahora bien, esta situación cambiaría justamente a partir de 1955, pues el traslado a Madrid de Brú y de Amorós haría que se establecieran unas estrechas relaciones entre los grupos de Madrid-Sevilla y Madrid-Barcelona, respectivamente.

⁴⁵³ En uno de los primeros trabajos de J.L. Amorós (Amorós, J.L. (1947), "La estructura de la kernita", *Estudios Geológicos*, nº5, 3-80) se agradece la cesión de un diagrama de Weissenberg por parte de J. Garrido. Asimismo, la labor de desarrollo instrumental desempeñada por el mismo Amorós junto con el ITQ hizo que el investigador barcelonés mantuviera puntuales contactos con algunos de los grupos en cuestión.

⁴⁵⁴ Amorós y Lonsdale (1950), 391.

“The official recognition in 1947 of the IUC was followed by the formation of national committees in a number of countries. The CSIC appointed a Spanish National Committee in 1949, and announced its adherence to the IUC. This demonstrated to Spanish crystallographers the urgent necessity for the strengthening of contacts between the various laboratories and individual research workers within Spain itself. They decided, therefore, to form a Spanish Crystallographic Association, to include pure crystallographers and also chemists, physicists, engineers and others working with x-ray or electron diffraction methods.”

Los cargos de la nueva Sociedad se repartieron como sigue:⁴⁵⁵

Presidente: F. Pardillo.- *Secretario:* M. Abbad.- *Vocales:* G. Martín Cardoso, L. Rivoir, J. Cabrera, J. M^a Font Tullot y J. L. Amorós.-

En las sesiones de esta primera reunión, aparte de los indicados, presentaron trabajos J. Garrido, V. Gomis, S. García-Blanco, M. Font Altaba y R. Candel. A dichas sesiones asistió K. Lonsdale, quien pronunció dos conferencias.

Sorprende la nula presencia de miembros del grupo de Sevilla. Sin embargo, en 1953, y con motivo de las Bodas de Oro de la RSEFQ, se celebró un Coloquio dedicado a “Estructuras Cristalinas”, en el que participarían ya componentes de los tres grupos de investigación.⁴⁵⁶

Para cerrar con estas consideraciones respecto de la baja cohesión de los grupos españoles en DEC, vale la pena subrayar la estéril aportación a este tipo de investigaciones por parte de la industria, actor que, de haber jugado un papel importante, bien hubiera podido incidir en dicha unión. Un componente de uno de estos grupos de investigación contemplaba el nivel de aprovechamiento industrial de la difracción de rayos X, para 1950, de la siguiente manera:⁴⁵⁷

“Research work is now in progress in Spain, with financial support from the CSIC, on many theoretical and practical problems, although there is not, at present, much technological application of x-ray crystallographical methods in industry.”

De todos modos, la baja cohesión existente entre los grupos de investigación en DEC existentes en España no quita que hayamos de afirmar que, para finales de este período, los estudios en DEC habían adquirido ya un grado de consolidación apreciable en nuestro país. Sin embargo, dicho proceso de consolidación no estuvo exento de un

⁴⁵⁵ *Memorias del CSIC de la Delegación de Barcelona (1950-51)*, 183-184.

⁴⁵⁶ Más adelante, en 1962, tendría lugar la creación del “Grupo Especializado de Cristalografía” en el seno de la RSEFQ, cuyo primer presidente sería Luis Brú.

⁴⁵⁷ Amorós y Lonsdale (1950), 392.

breve período de estancamiento. Teniendo en cuenta el alto índice de productividad de los trabajos en DEC en la década de 1930, lo cierto es que se produjo un notable bajón en los mismos durante los años inmediatamente posteriores a la guerra.⁴⁵⁸ Dicha circunstancia ha sido calificada de paradójica por algunos autores.⁴⁵⁹ Ahora bien, esta situación se entiende mejor si, con buen criterio, matizamos alguno de los argumentos esgrimidos. Así, en primer lugar, si bien es verdad que los principales protagonistas de la DEC en la época previa a la Guerra Civil siguieron formando parte de la comunidad científica reagrupada en España tras la contienda, no es menos cierto que buena parte de los mismos (especialmente los provenientes de la Cátedra Cajal) se dedicaron a otro tipo de investigaciones al retomar sus respectivas carreras. Uno de ellos, pese a seguir dirigiendo la nueva “Sección de Rayos X”, fue el mismo Julio Palacios. Quizás habría de considerarse hasta qué punto muchos de sus jóvenes colaboradores habían decidido incorporarse a la Cátedra Cajal por su interés en DEC o si más bien lo habían hecho simplemente por trabajar en un tema de moda, con medios y junto a investigadores de prestigio.⁴⁶⁰ En segundo lugar, alguno de los investigadores que sí continuarían con la DEC, tuvieron que esperar un tiempo antes de retomar sus trabajos, al ser trasladados a universidades pésimamente equipadas. Este fue el caso, por ejemplo, de Luis Brú. En tercer lugar, no es justo afirmar que el grupo de Madrid contó con unos medios adecuados. Así, si bien este grupo heredó la infraestructura de la anterior Sección del INFQ, las penurias económicas de posguerra impidieron que se llevara a cabo el necesario esfuerzo por actualizar los equipos, en unos años en que se produjeron importantes avances en la tecnología asociada a la DEC. Además, habría que añadir que el número de investigadores de este grupo que se dedicó inicialmente a la DEC no fue precisamente elevado. Finalmente, la escasez de medios retardó la realización de las

⁴⁵⁸ Siempre basándose en los *Anales*, Valera y López señalan como la productividad en “Cristalografía y física de los sólidos” descendió hasta a un 4,6% en el período 1940-49. Esta cifra contrasta con el 36,5% perteneciente a los estudios de “Óptica”, prácticamente inexistentes en la época de preguerra y que parece se beneficiaron de la promoción por parte del régimen de algunos militares, como José M^o Otero Navascués, que decidieron ejercer su cultivo. Valera y López (2001), 265.

⁴⁵⁹ En su estudio, Valera y López constatan como los estudios en DEC fueron de los que menos notaron la depuración política, al lograr mantener la mayoría de sus investigadores. Esta situación, unida al hecho de que la “Sección de Rayos X” del Alonso de Santa Cruz fue uno de los primeros grupos que retomaron sus actividades, así como a la experiencia acumulada en la Cátedra Cajal, hace que estos autores concluyan de la siguiente manera su valoración de la labor realizada en DEC durante el período 1940-53: “Cabía esperar más de un área que ante la pervivencia de sus protagonistas de preguerra, notable tradición de trabajo y rápida dotación instrumental (el Alonso Santa Cruz inició actividades nada más terminar la guerra), estaba en condiciones idóneas para haber dado en muy pocos años un sólido cambio cualitativo.” Valera y López (2001), 274.

⁴⁶⁰ De hecho, en las solicitudes de ingreso a la Cátedra Cajal por parte de varios de estos jóvenes investigadores no hay duda del peso de estos factores en su decisión. Las mismas se pueden consultar en el Archivo de la Residencia de Estudiantes.

investigaciones en los dos centros restantes, en los que pesó su doble condición de centro de provincias y de centro propiamente universitario a la hora de disponer de una financiación suficiente.

Pese a todas estas circunstancias, la sensible mejora en sus recursos experimentada por los diferentes grupos a partir de finales de la década de 1940 facilitó que, para mediados del decenio siguiente, los estudios de DEC en España se encontraran en una situación suficientemente diferente de la de los años inmediatamente posteriores a la Guerra Civil como para permitir hablar de consolidación en su grado de implantación:⁴⁶¹ como hemos mostrado, para 1955 los tres grupos protagonistas alcanzaron un nivel de productividad que,⁴⁶² unido al número de investigadores que aglutinaron, aseguró la continuidad de esta línea de investigación, como se comprobaría a lo largo de las décadas siguientes.⁴⁶³

El proceso de consolidación de los trabajos en DEC se produjo a la par de la incorporación de los investigadores españoles a la escena internacional. Así, al analizar la producción de los grupos implicados vimos como en la fase final del período comienzan a aparecer, aunque todavía en un número reducido, artículos firmados por españoles en colaboración con investigadores extranjeros; siendo mucho más comunes la simple expresión de gratitud a algunos de estos últimos por la ayuda prestada. También tímidamente tiene lugar la publicación de algún trabajo en revistas extranjeras. De hecho, fue con la mencionada adhesión de España a la IUC en 1949 cuando se inició el proceso de integración de los cristalógrafos españoles a la comunidad internacional, cuestión de un interés añadido dadas las circunstancias políticas del momento. España logró ser admitida sólo dos años después de su fundación,⁴⁶⁴ iniciándose así una

⁴⁶¹ Las afirmaciones relativas a la consolidación de una disciplina, un área temática o incluso, como aquí es el caso, de un tipo determinado de estudios, son siempre problemáticas, máxime cuando implican su concreción en una fecha. Admitiendo que para señalar la plena consolidación de los estudios de DEC en España sería conveniente remitirse a la década de 1960, pensamos que los datos de que disponemos justifican el referirnos al final del período considerado como a un momento en el que dicho proceso se encontraba en un estado suficientemente avanzado.

⁴⁶² Para el decenio 1950-59, el área de “Cristalografía y física de los sólidos” representaba ya el 21,3% de los artículos aparecidos en los *Anales*. Valera y López (2001), 266.

⁴⁶³ Si bien para el período 1960-65 la “Cristalografía y física de los sólidos” volvió a descender en su protagonismo en los *Anales* (con un 6,7%), un análisis completo de esta área permite inferir su ya consolidada posición en España para la década de 1960, como se desprende de las numerosas publicaciones de investigadores españoles en revistas extranjeras y del número de componentes de los diferentes grupos. Además, hay que tener en cuenta que las generalizaciones de la actividad científica española en base a los *Anales* perderán buena parte de su razón de ser a partir de la década de 1960, al repartirse aquella entre diversas publicaciones.

⁴⁶⁴ España se incorporó junto con la India, Bélgica y Suiza; sumándose así a los países ya miembros: Reino Unido, Estados Unidos, Canadá, Noruega, Checoslovaquia, Holanda, Australia y Francia. v. Kamminga (1989), 16.

creciente presencia a nivel internacional, a la par de la progresiva incorporación de España a la escena política mundial. Recordemos que tan sólo un año antes se habían concedido, tímidamente, las primeras pensiones para estancias en el extranjero a miembros de los tres grupos considerados. Con la llegada de la década de 1950, el número de las mismas se aceleró, al tiempo que se inició la asistencia de cristalógrafos españoles a reuniones con carácter internacional. Así, la primera de éstas de que tenemos constancia fue el II Congreso Internacional de Microscopía Electrónica, celebrado en París en 1950 y al que acudió L. Brú en representación del CSIC.⁴⁶⁵ Al año siguiente, miembros de los tres grupos acudieron al II Congreso de la UIC, celebrado en Estocolmo, presentando comunicaciones L. Brú (designado *chairman* de la última sesión celebrada), M. Abbad, L. Rivoir y J. L. Amorós.⁴⁶⁶ Este último fue nombrado miembro de la Comisión de Instrumentos Científicos de la UIC,⁴⁶⁷ siéndole posteriormente encargado por dicha institución la redacción de un artículo sobre “La revisión de las cámaras goniométricas utilizadas en la difracción de rayos X”.⁴⁶⁸ Como vimos, en 1952 se reanudaron las visitas de profesores extranjeros a las instalaciones de los grupos de investigación españoles en DEC,⁴⁶⁹ que no se habían producido desde los años de la Cátedra Cajal en el LIF-INFQ. Así, en 1953 y con motivo del referido Coloquio sobre “Estructuras Cristalinas” celebrado en Madrid por la RSEFQ, conviene señalar que asistieron al mismo el Prof. Laval (Colegio de Francia, París), H. Lipson (College of Technology, Manchester), el Prof. Jeffrey (Universidad de Leeds) y W. H. Taylor (Cavendish Laboratory, Cambridge), quien además actuó como presidente.⁴⁷⁰ En 1954 se celebró en París el III Congreso de la UIC, donde de nuevo asistieron miembros de los tres grupos españoles en DEC, acompañando siete investigadores más (M. Pérez Rodríguez, M. Cubero, A. López Castro, M. García Gea, J. Marcet, J. Coves y M. Font Altaba) a los cuatro participantes en la anterior edición.⁴⁷¹ Esta escalada en la presencia española en las reuniones internacionales de Cristalografía tendría su colofón en 1956, con la celebración en Madrid de un Simposio de la UIC sobre “Estructuras en un campo

⁴⁶⁵ *Memorias del CSIC* (1950), 225.

⁴⁶⁶ *Memorias del CSIC* (1951), 263, 265, 286.

⁴⁶⁷ J.L. Amorós se mantendría en dicha comisión hasta 1957.

⁴⁶⁸ *Memorias del CSIC de la Delegación de Barcelona* (1952-53), 214.

⁴⁶⁹ Con la referida salvedad de la visita de G.I. Finch a la Universidad de Sevilla en 1950. Por cierto, en dicha visita el Prof. Finch asistió a una sesión de la RSEFQ (Sección de Sevilla), en la que pronunció una conferencia y se le concedió el título de socio de honor de la RSEFQ. Acta de la sesión de la RSEFQ, Sección de Sevilla, del 22 de mayo de 1950. *Anales*, **46**, II, 58.

⁴⁷⁰ *Memorias del CSIC* (1952-54), 901-902.

⁴⁷¹ *Memorias del CSIC* (1952-54), 902, 909; *Memorias del CSIC de la Delegación de Barcelona* (1954-55), 180.

comprendido entre las dimensiones atómicas y microscópicas”, en el que tomaron parte 225 científicos de todo el mundo.⁴⁷²

Conclusiones.

Visto en su conjunto, el desarrollo de las investigaciones en DEC en España, desde su introducción hasta su consolidación, puede percibirse como un continuo esfuerzo de actualización científica en un campo de estudio de nueva aparición y rápido crecimiento, donde el contexto económico y político se mostró como un factor muy relevante en la conformación de todo el proceso.

Siendo poco usual la participación española en los debates de la vanguardia científica a principios del pasado siglo, el caso aquí considerado representa un buen ejemplo del compromiso por fomentar el desarrollo científico, que se dio en nuestro país durante las tres décadas anteriores a la Guerra Civil. En un tipo de estudios con una dependencia instrumental tan clara, las características de su evolución tuvieron una relación directa con el nivel de recursos aportado. Sólo así se entiende el rápido salto cualitativo y cuantitativo que experimentó el cultivo de la DEC en España como resultado de la experiencia de la Cátedra Cajal. A pesar de su corta duración y de que careció en su puesta en marcha de un grupo de investigadores con una sólida tradición en el campo de la cristalografía; la labor realizada, gracias a su impulso, en la “Sección de Rayos X” del LIF-INFQ, se situó a un nivel científico cercano al de los centros más avanzados. En este sentido, destaca la rapidez con que el grupo madrileño abordó los estudios en difracción de electrones o con que se dotó de instrumentos recientemente comercializados, como fue el caso de la cámara de Weissenberg. La importante inyección económica recibida no sólo permitió al nuevo equipo dotarse de unas instalaciones apropiadas, sino contar también con el asesoramiento de investigadores de prestigio internacional en la planificación del centro y de los trabajos llevados a cabo en él. Ahora bien, conviene subrayar la importancia que tuvo para el impulso de estos estudios el concurso de instituciones extranjeras, pues la JAE se limitó a administrar con acierto unas partidas económicas que difícilmente hubieran podido aportar los gobiernos del momento. La diferencia en la producción del grupo del LIF-INFQ respecto a los otros dos grupos del período, de tradición cristalográfica pero con un

⁴⁷² Para una amplia reseña de dicha reunión, v. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, vol. 1956, 149-155.

importante déficit instrumental, no deja lugar a dudas sobre el peso que tuvo la financiación en la prometedora elaboración de estos trabajos, habida cuenta de que las ayudas recibidas fueron a parar íntegramente a Madrid. De todos modos, pese a los importantes avances producidos durante este primer período en España, no se llegó a incidir en la producción de conocimiento a nivel internacional, siendo la práctica totalidad de los artículos aparecidos en revistas extranjeras fruto de la labor realizada por Martín Cardoso en Alemania.

La Guerra Civil demoró la consolidación de los estudios en DEC en España. Aunque en líneas generales el nuevo régimen no se cebó, en su afán represivo, sobre los componentes del equipo ubicado en el LIF-INFQ, lo cierto es que, tras la contienda, el grupo se disgregó en su mayor parte, pasando buena parte de sus miembros a trabajar en otras temáticas. No achacable esta dispersión, en principio, ni a la guerra ni a las posteriores represalias, lo cierto es que la victoria franquista y el acceso al poder del nuevo régimen trajeron consigo el aislamiento español de la esfera internacional y una estrategia de autosuficiencia económica que incentivó el desarrollo tecnológico sólo en áreas muy concretas de las relacionadas con la industria del momento. El nuevo panorama, sumado a las graves penurias de la posguerra, hacía inviable el establecimiento de un clima tan favorable para la investigación en DEC como el que se había dado en el seno de la Cátedra Cajal, por lo que no parece descabellado sugerir que buena parte de los investigadores que dejaron los estudios en DEC lo hicieron impulsados por el fin de esta situación de privilegio.

No obstante, el grupo del LIF-INFQ tuvo su continuación lógica en la “Sección de Rayos X” del Instituto Alonso de Santa Cruz, uno de los primeros grupos que retomó las investigaciones tras la guerra. Aunque reorganizado sobre las bases del anterior grupo, contó con pocos investigadores durante los primeros años de la década de 1940. En cuanto a la dotación instrumental, si bien acumuló la herencia de los años republicanos, esta no fue suficiente para mantenerse en primera línea, habida cuenta de la rápida evolución tecnológica de los estudios de difracción. La insuficiencia instrumental todavía fue más acusada en aquellos otros grupos que se interesaron en la DEC a lo largo de este segundo período. Esta circunstancia, unida al bloqueo español y a la poca atención dispensada por parte de un régimen con otras prioridades en cuanto al desarrollo de tecnología, motivó que algunos de los científicos implicados llevaran a cabo iniciativas en relación con la construcción de instrumentos para la DEC, muy en la

línea, por cierto, de la filosofía general del régimen en materia de política tecnológica, y que ya se había dado, de manera menos ambiciosa, en el período prebélico.

Con la década de 1950 y el aumento en la concesión en las becas por parte del CSIC, los diferentes grupos crecieron considerablemente. Con una masa crítica suficiente de investigadores, unas infraestructuras sensiblemente mejoradas y una productividad estabilizada, para 1955 se puede decir que las investigaciones en DEC en España se hallaban ya en un grado importante de consolidación. En cuanto al contenido de los trabajos, si bien éstos no marcaron ni mucho menos la pauta de la evolución internacional de la disciplina, aparece ya alguna aportación menor de un cierto interés, aunque dentro de un notorio atraso, como lo prueba la ausencia de trabajos sobre estructuras a nivel tridimensional, producto a su vez del atraso en el uso de las metodologías de nueva aparición (tiras Beavers-Lipson) y de los instrumentos de reciente fabricación (cámara de precesión, computadoras analógicas). Se puede decir, en líneas generales, que el trabajo efectuado en el campo de la DEC en el período considerado fue más que digno, siempre teniendo en cuenta la carencia de medios de que se dispuso. Todavía con más motivo merecen esta valoración los centros que operaron desde Barcelona y Sevilla, vertebrados alrededor de una universidad. En una época en que la única financiación para la investigación provenía del CSIC, estos centros, al vincularse al mismo mediante su adscripción en forma de Secciones Locales, gozaron de muchos menos medios que el grupo ubicado en la capital y dependiente de manera directa del CSIC. Tal era todavía el centralismo imperante en el CSIC por aquellas fechas. Por otro lado, en este proceso de consolidación, y a diferencia de lo acaecido en el extranjero, donde encontramos un interesante equilibrio entre el concurso de instituciones industriales y académicas, destaca la nula aportación de la industria en el impulso a las investigaciones en DEC, que sólo empezó a mostrar un cierto interés en la recta final del período.

Obviamente, la consolidación de la DEC en España recibió también un impulso importante a raíz del cambio experimentado en la situación de la política mundial, que permitió que nuestro país se incorporara de nuevo a la comunidad internacional, con todas sus implicaciones. De nuevo, el intercambio con los científicos de otros países se mostró como un valioso catalizador para el desarrollo de las investigaciones. Primero en forma de estancias en centros extranjeros, luego en forma de visitas a España de científicos de prestigio, la comunidad española de investigadores en DEC retomó esta tan rentable dinámica después de casi veinte años. También, sobre las mismas fechas, la

incorporación de los cristalógrafos españoles al debate internacional, con la progresiva asistencia a congresos y la inclusión en la IUC, normalizó la situación de las investigaciones en DEC en España.

Finalmente, el estudio del caso español revela el alto grado de interdisciplinariedad presente en este tipo de estudios y en la cristalografía misma. La estrecha relación que esta disciplina mantiene con la geología, la física, la química y la metalurgia, entre otras ramas de la ciencia, hace que no resulte extraño el encontrarnos con científicos de tan variada formación en el proceso de conformación de los estudios de DEC en España. Pese a proceder éstos del ámbito de las ciencias naturales, bien pronto tanto físicos como químicos se unieron a los naturalistas en el cultivo de las nuevas técnicas. Especialmente notorio fue el concurso de estos últimos, un dato quizás consecuencia del elevado número de químicos en España durante el período considerado y que contrasta con el protagonismo ejercido por los físicos en el extranjero. El alto grado de interdisciplinariedad de los estudios en DEC, que parece que no se tradujo en una fuerte conexión con la física del estado sólido en los comienzos de su institucionalización en España, comportó, al menos en el grupo de Barcelona, la estrechez de lazos con grupos pertenecientes a farmacia, física y química orgánica. De todos modos, la orientación de los trabajos realizados en el seno de los diferentes grupos españoles fue siempre la misma, con unos equipos de investigación tan interesados por la elucidación de estructuras como por la mejora de la tecnología y los métodos de cálculo asociados a ella. En todo caso, la única diferencia fue la existencia de una simultaneidad, en los grupos integrados por naturalistas, de los trabajos de difracción con el resto de trabajos de cristalografía y mineralogía, habida cuenta de la integración del nuevo campo de estudio en su propia tradición investigadora.

ANEXO

Fuentes primarias de la investigación

Entrevistas realizadas

Miquel Àngel Cuevas Diarte (Facultat de Geologia de la UB, Barcelona, 30/6/2005).

Mercè Font Bardia (Serveis Científic-Tècnics de la UB, Barcelona, 11/7/2005).

Carlos Gómez Herrera, Vicente Hernández Montis, Amparo López Castro, Rafael Márquez Delgado, Pedro Muñoz González (Facultad de Física de la Universidad de Sevilla, Sevilla, 24/5/2005, entrevista conjunta, transcripción en curso).

Rafael Márquez Delgado (Facultad de Física de la Universidad de Sevilla, Sevilla, 24/5/2005, transcripción en curso).

Montserrat Martí Brillas (domicilio particular, Barcelona, 26/7/2005).

Sagrario Martínez Carrera (domicilio particular, Madrid, 14/9/2005, transcripción en curso).

Carles Miravittles Torras (Institut de Ciència dels Materials, Barcelona, 20/7/2005).

Margarita Pérez Peñasco (Centro de Estudios Medioambientales, Madrid, 15/9/2005).

Emma Sainz-Amor Alonso de Celada (domicilio particular, Barcelona, 25/10/2005).

Joaquim Solans Huguet (Facultat de Geologia de la UB, Barcelona, 11/7/2005).

Josep Maria Vidal Llenas (domicilio particular, Barcelona, 15/7/2005, transcripción en curso).

Archivos consultados

Archivo General de la Administración (AGA).

Archivo Histórico Nacional.

Archivo del Museo Nacional de Ciencias Naturales.

Archivo de la Residencia de Estudiantes.

Archivos Centrales del CSIC.

Arxiu Central de la Universitat de Barcelona.

Arxiu de l'Institut d'Estudis Catalans.

Arxiu del Museu Geològic del Seminari de Barcelona.

Biblioteca Central del CSIC.

Biblioteca del Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC).

Biblioteca del Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM).

Biblioteca de la Facultad de Geología de la Universitat de Barcelona.

Biblioteca del Instituto de Ciencia y Tecnología (CSIC).

Biblioteca del Instituto de Química-Física Rocasolano (CSIC).

Biblioteca del Instituto de Óptica Daza de Valdés (CSIC).

Biblioteca Nacional.

Biblioteca de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona.

Publicaciones periódicas consultadas

Acta Crystallographica.

Actas de las Sesiones de la Real Sociedad Española de Física y Química.

Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química.

Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural.

Estudios Geológicos.

Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona.

Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural.

Memorias de las Actividades Desarrolladas por el Instituto del Hierro y del Acero.

Memorias CSIC.

Memorias CSIC, Delegación de Barcelona.

Memorias JAE.

Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía.

Publicaciones del Instituto de Física Alonso de Santa Cruz.

Publicaciones de la Sección de Ciencias Naturales de la Universidad de Barcelona.

Revista de Ciencia Aplicada.

Revista del Instituto del Hierro y del Acero.

Reseñas y Conferencias Científicas de la Real Sociedad Española de Historia Natural.

Técnica Metalúrgica.

Treballs del Museu de Ciències Naturals de Barcelona.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR, J. (1981), *D. Julio Palacios y el lenguaje de la Física*. Madrid: Amigos de la Cultura Científica.
- AMORÓS, J. L. (1955), “Don Francisco Pardillo Vaquer”, *Publicaciones del Departamento de Cristalografía y Mineralogía*, **2** (1955), 79-83.
- AMORÓS, J. L y LONSDALE, K. (1950), “Crystallography in Spain”, *Nature*, **166**, nº 4218, 391-392.
- ARTIGUES, D. (1971), *El Opus Dei en España: su evolución ideológica y política*. París: Ruedo Ibérico.
- ASENSIO, I. (1954), “Instalación de un Laboratorio de Rayos X”, *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, **52**, 315-317.
- ASENSIO, I. (1955), *Difracción de rayos X. Aplicaciones analíticas en la investigación científica e industrial*. Madrid: Aguilar.
- BARREIRO, A. (1992), *El Museo Nacional de Ciencias Naturales, 1771-1935*. Aranjuez: Ediciones Doce Calles-CSIC.
- BRÚ, L. (1981), *Cincuenta años de difracción y microscopía electrónica*, Aula de Cultura Científica, nº 11. Santander: Universidad de Santander.
- BRÚ, L. (1982)a, “Determinación de estructuras cristalinas mediante la difracción de rayos X. Antecedentes, período 1932-1936 y derivaciones”, en: *50 años de investigación en Física y Química en el Rockefeller (1932-1982)*. Madrid (1982): CSIC.
- BRÚ, L. (1982)b, “Sensible pérdida para la Ciencia española: Julio Garrido”. *ABC*, Madrid, 26 de mayo.
- BRÚ, L. (1991), “Conmemorando a Don Julio Palacios en su centenario”, *Memorias de la Real Academia Sevillana de Ciencias*, **2**, 1990-91, 175-182.
- BRÚ, L. (1995), “Cien años de rayos X”, *Anales de la Real Academia Nacional de Medicina*, **112**, nº4, 759-767.
- BUERGER, M. J. (1942), *X-Ray Crystallography. An Introduction to the Investigation of Crystals by their Diffraction of Monochromatic X-Radiation*. New York: John Wiley & Sons.
- CALLEYA DE PALACIOS, E. (1985), *Semblanza biográfico-científica de Julio Palacios*. Madrid: Amigos de la Cultura Científica.
- CANDEL, R. (1954), “El profesor Gabriel Martín Cardoso (1896-1954). Nota necrológica”, *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, **XLIV**, 5-19.

- CANDEL, R. (1955), “El Doctor Francisco Pardillo Vaquer (1884-1955)”, *Archivo Rafael Candel Vila (1903-1976)*. Barcelona: Museu Geològic del Seminari de Barcelona.
- CAPEL, H. (1976), “La geografía española tras la Guerra Civil”. *Geocrítica*, núm. 1. [<http://www.ub.es/geocrit/geol.htm>]
- CARRERAS, J. J. y RUIZ, M. A. (eds.) (1991), *La Universidad española bajo el régimen de Franco (1939-1975)*. Zaragoza: Institución Fernando el Católico.
- CLARET, J. (2003), *La repressió franquista a la Universitat Catalana*. Barcelona: Eumo Editorial.
- CLARET, J. (2004), *La repressió franquista a la universitat espanyola*. Tesis Doctoral dirigida por J. Fontana. [<http://www.tdx.cesca.es/TDX-0304105-101942/>]
- CLAVERA, J. (ed.), *Capitalismo español: De la autarquía a la estabilización (1939-1959)*. Madrid: Edicusa.
- CUEVAS, M. A (2003), “Les càtedres i la simbiosi Universitat-CSIC”, en Facultat de Geologia (ed.) (2003), *Cinquanta anys de Geologia a la Universitat de Barcelona*. Barcelona: Universitat de Barcelona, 123-126.
- CUEVAS, M. A. (inédito), “Cristallografia i Mineralogia”. Manuscrito facilitado por el autor.
- EWALD, P. (ed.) (1962), *Fifty years of x-ray diffraction*. Utrecht: N. V. A. Oosthoek's Uitgeversmaatschappij.
- EWALD, P. (1977), “The early history of the International Union of Crystallography”, *Acta Crystallographica*, A **33**, 1-3.
- FACULTAT DE GEOLOGIA (ed.) (2003), *Cinquanta anys de Geologia a la Universitat de Barcelona*. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- FONT, M. (1989), “Biocristallografia: Ahir i avui”, *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, **XLVIII**, nº8.
- FONT, M. (1995), “Necrològica del Dr. Josep Maria Font Tullot (1910-1993)”, *Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, **CCXXXI**, 101-109.
- FORMAN, P. (1969), “The discovery of the diffraction of x-rays by crystals. A critique of the myths”, *Archive for History of Exact Sciences*, **6**, 38-71.
- GAMBOA, J. M. et. al. (1982), *50 años de investigación en física y química en el edificio Rockefeller de Madrid, 1932-1982*. Madrid: CSIC.
- GARCÍA-BLANCO, S. (1982), “Determinación de estructuras cristalinas mediante la difracción de rayos X (1940-1982)”. En: GAMBOA, J. M. et. al. (1982), 95-111.

- GARCÍA-BLANCO, S. et. al. (1990), “Datos históricos sobre el Departamento de Cristalografía del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de Madrid, desde 1907 a 1990”, 35 pp. Manuscrito inédito facilitado al autor por S. Martínez Carrera.
- GARCÍA CAMARERO, E. y E. (eds.) (1970), *La polémica de la ciencia española*. Madrid: Alianza.
- GARMA, S. y SÁNCHEZ RON J. M. (1989), “La Universidad de Madrid y el Consejo Superior de investigaciones Científicas”, *Alfoz*, nº 66-67, 59-77.
- GARRIDO, J. (1978), “La iniciación de los estudios sobre la estructura de los cristales en España”, *Revista Iberoamericana de Cristalografía, Mineralogía y Mineralotecnica*, **1**, núm. 1, 15-17.
- GARRIDO, J. y ORLAND, J. (1946), *Los rayos X y la estructura fina de los cristales*. Madrid: Editorial Dossat, S. A.
- GARRIDO, J. y TORRE DE ASSUNÇAO, C. (1953), “Tables pour la détermination des minéraux au moyen des rayons X”, *Boletín do Museu e Laboratorio Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências de Lisboa*, nºs 20-21, 312 pp.
- GIRAL, F. (1994), *Ciencia española en el exilio (1939-1989): El exilio de los científicos españoles*. Barcelona: Anthropos.
- GLICK, T. (1994), “Ciencia, política y discurso civil en la España de Alfonso XIII”, en Guillermo Cortázar (ed.) (1994): *Nación y estado en la España liberal*, Madrid: Fundación Ortega y Gasset-FAES, 255-275.
- GÓMEZ HERRERA, C. (1997), “Don Luis Brú, sus primeros años de investigación en la Universidad de Sevilla”, *Memorias de la Real Academia Sevillana de Ciencias*, **5**, 335-342.
- GOMIS, A. (1998), “Desarrollo institucional de la Real Sociedad Española de Historia Natural”, *Memorias R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, I, 2ª ep., 5-46.
- GONZÁLEZ BLASCO, P. y JIMÉNEZ BLANCO, J. (1979), “La investigación en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Estudio de un grupo significativo durante el período 1940-1955”, en González Blasco, P., Jiménez Blanco, J. y López Piñero, J. Mª. (1979): *Historia y sociología de la ciencia en España*, Madrid: Alianza, 126-162.
- GONZÁLEZ DE POSADA, F. (1993). *Julio Palacios: Físico español, aragonés ilustre*. Madrid: Amigos de la Cultura Científica.
- GUINIER, A. (1961), “Twenty years of progress in X-ray diffraction techniques”, *Advances in X-ray analysis*, **5**, 1-12.

- HODDESON, L. (ed.) (1992), *Out of the Cristal Maze: Chapters from the History of Solid-State Physics*. New York, Oxford: Oxford University Press.
- HUERTA, F. (1955), *Teoría de los métodos roengenográficos del cristal giratorio*, Monografías de Ciencia Moderna, nº48, 7-135. Madrid: CSIC.
- KAMMINGA, H. (1989), “The International Union of Crystallography: Its formation and early development”, *Acta Crystallographica*, **A45**, 581-601.
- KRAGH, H. (1999), *Quantum Generations: A History of Physics in the Twentieth Century*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- LAÍN ENTRALGO, P. (1989), *Descargo de conciencia (1930-1960)*. Madrid: Alianza.
- LAPORTA, F., RUÍZ MIGUEL, A., ZAPATERO, V. y SOLANA, J. “Los orígenes culturales de la Junta para Ampliación de Estudios”, *Arbor* núm. 493, 17-87 (enero 1987) e *ibid.*, núm. 499-500, 9-137 (julio-agosto 1987).
- LIMA-DE-FARIA, J. (ed.) (1990), *Historical Atlas of Crystallography*. Dordrecht; Boston; London: Kluwer Academic Publishers.
- LÓPEZ ANDRÉS, S. y LÓPEZ-ACEVEDO, M^a V. (2002), “Recordando al Profesor D. José Luis Amorós Portolés 1920-2001”, *BRSEHN Sección Geológicas*, **97**, nº 1-4, 139-158.
- LÓPEZ GARCÍA, S. (1991), “La organización de la investigación científica y técnica tras la Guerra Civil. Contrastes y similitudes con los logros de las primeras décadas del siglo XX”, *Encuentro de Historia Económica (Actas de las ponencias)*. Valencia, 7 y 8 de octubre, UIMP.
- LÓPEZ GARCÍA, S. (1993), “Ciencia, tecnología e industria en España. Herencias institucionales y nueva política científica en la constitución del Patronato Juan de la Cierva (1939-1945)”, *Documentos de Trabajo de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad Complutense de Madrid*, nº 9.302.
- LÓPEZ GARCÍA, S. (1995), “El Patronato Juan de la Cierva, 1946-1960. Entre la unidad de la ciencia y el interés nacional”, *Documentos de Trabajo de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Salamanca*, nº 9.507.
- LÓPEZ PIÑERO, J. M. (1969), *La introducción de la ciencia moderna en España*. Barcelona: Ariel.
- LÓPEZ PIÑERO, J. M.; GLICK, T. F.; NAVARRO BROTONS, V.; PORTELA, E. (1983), *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*. Madrid: Editorial Península, Serie Universitaria. 2 vols.

- MALET, A. (1995), *Ferran Sunyer i Balaguer (1912-1967)*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.
- MÁRQUEZ, R. (1997), “Semblanza general de D. Luis”, *Memorias de la Real Academia Sevillana de Ciencias*, **5**, 325-334.
- MARSET, P., VALERA, M. y LÓPEZ, C. (1981), “Repercusiones de la Guerra Civil española (1936-39) en la producción científica en Física a través de los Anales de la RSEFQ”, *Acta Hispanica*, nº1.
- MARTÍN CARDOSO, G. (1931), “El profesor Fernández Navarro (1869-1930)”, *Reseñas y Conferencias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, **VI**, 5-22.
- MARTÍN CARDOSO, G. (1933), “El Prof. Friedrich Rinne”, *Reseñas y Conferencias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, **VIII**, 131-142.
- MIRAVITLLES, C. (2001), “Necrológica del Prof. J. L. Amorós Portolés (1920-2001)”, *Nómina del personal y Anuario de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, Año académico de 2001 a 2002, 77-81.
- MONTORO, R. (1981), *La Universidad en la España de Franco*. Madrid: CSIC.
- MORENO, A. y SÁNCHEZ RON, J. M., “La Junta para la Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas: La vida breve de una fundación octogenaria”, *Mundo Científico*, núm. 65, 20-33 (enero 1987).
- MORENO, R., ROMERO, A. y REDRAJO, F. (1996), *Recuperación del instrumental científico-histórico del CSIC: Centro de tecnologías físicas “Leonardo Torres Quevedo”*. Madrid: CSIC.
- NIETO, A. (1999), “The images of science in modern Spain. Rethinking the *Polémica*”. En: GAVROGLU, K. (ed.), *The Sciences in the European Periphery during the Enlightenment*. Kluwer, 73-94.
- ORDÓÑEZ, S. (1996), “Semblanza de Gabriel Martín Cardoso en el centenario de su nacimiento”, *Boletín de la Comisión de Historia de la Geología de España*, Año 3, Núm. 6, 7-10.
- ORDÓÑEZ, S. y LA IGLESIA, A. (1996), “Gabriel Martín Cardoso (1896-1954): el nacimiento en España de la determinación de estructuras cristalinas de minerales mediante difracción de rayos X”, *Geogaceta*, 20 (**6**), 1426-1428.
- ORDÓÑEZ, S. y BARRERA, J. L. (2000), “Julio Garrido Mareca (1911-1982). La carrera truncada de un cristalógrafo o un fracaso académico de la Universidad Española”, *Geotemas*, **1** (3), 67-72.

- OTERO CARVAJAL, L. E. (2001), “La destrucción de la ciencia en España. Las consecuencias del triunfo militar de la España franquista”, *Historia y Comunicación Social*, nº 6, 149-186.
- PALACIOS, J. (1929), “Crónica de la Cátedra Cajal. Curso de 1928-29”. *Boletín de la Universidad de Madrid*, núm. 3, 292-307.
- PALACIOS, J. (1962), “Liberación de Madrid”. En: DE RIQUER, M. (ed.), *Reportaje de la Historia*, Barcelona: Planeta, vol. 3, 291-308.
- PALAO, G., LÓPEZ, C. y VALERA, M. (1984), “La guerra civil española y la investigación científica en Química”, *Actas del III Congreso de la SEHCYT*, **3**, 395-411.
- PALAU, J. (1979), “Las relaciones entre el CSIC y la Universidad”, *Ponencias y contribuciones a las mesas redondas presentadas en las primeras jornadas del área de Biología y Biomedicina del CSIC*. Madrid: CSIC.
- PARDILLO, F. (1913), “Descubrimientos recientes sobre la estructura de los cristales”, *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, **13**, 336-339.
- PARDILLO, F. (1917), “El laboratori de Cristal·lografia i Mineralogía”, *Anuari de la Junta de Ciències Naturals de Barcelona*, II, 243-249.
- RÍOS, J. M. (1976), “Contestación” al “Discurso leído en el acto de su recepción como académico” por parte de J. Garrido. En: GARRIDO, J. (1976), *Taxonomía matemática y filosofía de las formas de la naturaleza*. Madrid: Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 71-75.
- RÍOS, J. M. (1983), “Julio Garrido Mareca (1911-1982)”, *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid*, **67**, 11-14.
- ROCA, A. (1988), “Ciencia y sociedad en la época de la Mancomunitat de Catalunya (1914-1923)”. En: SÁNCHEZ RON, J. M. (ed.) (1988), *Ciencia y Sociedad en España: de la Ilustración a la Guerra Civil*. Madrid: Ediciones El Arquero/CASIC, 223-252.
- ROCA, A. (1995), “Cent anys del descobriment dels raigs X. La seva recepció a Catalunya”. En: *Actes de les III Trobades d’Història de la Ciència i de la Tècnica*. Barcelona: Societat Catalana d’Història de la Ciència i de la Tècnica, 321-329.
- ROQUÉ, X. (2003), “El Servei d’Arxius de Ciència: creació i primeres realitzacions”. En: *Actes de la VII trobada d’Història de la Ciència i de la Tècnica*. Barcelona: Societat Catalana d’Història de la Ciència i de la Tècnica, 343-348.
- RUSSO, A. (1981), “Fundamental research at Bell Laboratories: The discovery of electron diffraction”, *Historical Studies in the Physical Sciences*, **12**, 117-160.

- SÁNCHEZ RON, J. M. (ed.) (1988)a, *Ciencia y Sociedad en España: de la Ilustración a la Guerra Civil*. Madrid: Ediciones El Arquero/CASIC.
- SÁNCHEZ RON, J. M. (ed.) (1988)b, *1907-1987. La Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas 80 años después*. 2 vols. Madrid: CSIC.
- SÁNCHEZ RON, J. M. (1991), “Los orígenes de la física española contemporánea: Blas Cabrera y Felipe”, *Revista Española de Física*, **5** (2), 64-69.
- SÁNCHEZ RON, J. M. (1992), “Política científica e ideología: Albareda y los primeros años del Consejo Superior de Investigaciones Científicas”, *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*, nº 14, 53-74.
- SÁNCHEZ RON, J. M. y ROCA ROSELL, A. (1993), “Spain’s first school of physics: Blas Cabrera’s Laboratorio de Investigaciones Físicas”. *Osiris*, nº8, 127-155.
- SÁNCHEZ RON, J. M. (1997), *INTA. 50 años de ciencia y técnica aeroespacial*. Madrid: Ministerio de Defensa, INTA y Doce Calles.
- SÁNCHEZ RON, J. M. (1999), *Cinzel, Martillo y Piedra: Historia de la Ciencia en España (siglos XIX y XX)*. Madrid: Taurus.
- SÁNCHEZ RON, J. M. (2002), “International relations in Spanish physics from 1900 to the Cold War”. *HSPS*, **33**, Part 1, 3-31.
- SANTESMASES, M. J. (2001), *Entre Cajal y Ochoa: Ciencias Biomédicas en la España de Franco, 1939-1975*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- SANTESMASES, M. J. y MUÑOZ, E. (1993), “Las primeras décadas del Consejo Superior de Investigaciones Científicas: Una introducción a la política científica del régimen franquista”, *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*, nº 16, 73-94.
- SANZ, L. (1997), *Estado, ciencia y tecnología en España 1939-1997*. Madrid: Alianza.
- SANZ, L. y LÓPEZ GARCÍA, S. (1997), “Política tecnológica versus política científica durante el franquismo”, CSIC: *Documento de Trabajo* 97-01.
- SOLANS, J. (1989), “El profesor Francisco Pardillo Vaquer y la escuela cristalográfica de Barcelona”, *Boletín de la Sociedad Castellonense de Cultura*, **65**, Octubre-Diciembre 1989, 518-526.
- SOLANS, X. (1989), “La Cristalografía en España”, *Boletín de la Sociedad Castellonense de Cultura*, **65**, Octubre-Diciembre 1989, 643-649.
- VALERA, M. y LÓPEZ, C. (2001), *La Física en España a través de los Anales de la Sociedad Española de Física y Química, 1903- 1965*. Murcia: Universidad de Murcia.

VILLENA, L. (1985), *Julio Palacios: labor didáctica, confinamiento y proyección internacional*. Madrid: Amigos de la Cultura Científica.

WYART, J. (1983), "Julio Garrido (1911-1982)", *Bull. Min.*, **V**, nº 106, 263.