

LAS COLECCIONES DE INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS DE LOS INSTITUTOS DE ENSEÑANZA SECUNDARIA DEL SIGLO XIX EN ESPAÑA¹

Scientific instrument collections in nineteenth-century Spanish secondary schools

José Ramón BERTOMEU SÁNCHEZ
Instituto de Historia de la Medicina y de la Ciencia «López Piñero». Universidad de Valencia
Correo-e: Jose.R.Bertomeu@uv.es

Mar CUENCA LORENTE
Instituto de Historia de la Medicina y de la Ciencia «López Piñero». Universidad de Valencia
Correo-e: cuenloma@alumni.uv.es

Antonio GARCÍA BELMAR
Universidad de Alicante
Correo-e: belmar@ua.es

Josep SIMON CASTEL
Institut de Recherches Philosophiques. Université Paris Ouest (Francia)
Correo-e: josicas@alumni.uv.es

Recepción: 17 de febrero de 2010. Envío a informantes: 11 de marzo de 2010.

Fecha de aceptación definitiva: 23 de febrero de 2011

Bibliid. [0212-0267 (2011) 30; 167-193]

RESUMEN: El objetivo de este trabajo consiste en ofrecer una revisión de la historia de las colecciones de instrumentos científicos en los institutos de enseñanza secundaria en España, la mayor parte creadas a mediados del siglo XIX. Prestaremos especial atención a sus principales promotores y usuarios, así como a los usos para los que fueron inicialmente empleadas y las razones que condujeron a su progresivo abandono con la llegada de nuevos métodos pedagógicos. En primer lugar comentaremos las colecciones creadas a finales del siglo XVIII para conocer la situación existente a mediados del siglo XIX, cuando el Gobierno llevó a cabo iniciativas para dotar

¹ Este trabajo forma parte del proyecto de investigación HUM2006-07206-Co3-02 y el proyecto PT2008-So201 del Institut d'Estudis Catalans que ha permitido la creación de la página www.instrumentscientifics.com.

de amplios gabinetes de física y química a los nuevos centros de enseñanza secundaria. Nuestro trabajo finalizará con un repaso general de la situación general de las colecciones y algunas propuestas para asegurar su uso como fuentes históricas, herramientas didácticas y objetos de valor museístico y patrimonial.

PALABRAS CLAVE: Instrumentos científicos, historia de la ciencia, cultura material, enseñanza secundaria, siglos XIX-XX.

ABSTRACT: This paper provides an overview on the history of scientific instrument collections in Spanish secondary schools, focusing especially on the period around their establishment in the mid-nineteenth century. It describes their most important features as well as their promoters and main users. Attention is also paid to the teaching practices which encouraged different uses of scientific instruments in nineteenth-century classrooms and the reasons that lead to the progressive abandonment of nineteenth-century collections along with the advent of new pedagogical ideas. First, we briefly describe the collections created at the end of the 18th century. Then we evaluate the mid nineteenth-century situation, when the Spanish Government supported several projects to provide the new secondary schools with comprehensive physics and chemistry cabinets. Finally, we offer a general overview of the current state of the collections and of several projects and proposals aimed at their use as historical sources, pedagogical tools and objects with great patrimonial and museum value.

KEY WORDS: Scientific instruments, history of science, material culture, secondary schools, XIX-XXth centuries.

Introducción

MUCHOS CENTROS DE EDUCACIÓN SECUNDARIA disponen de instrumentos antiguos de física y química, colecciones de historia natural y modelos y maquetas de máquinas y herramientas agrícolas, así como otros objetos de valor patrimonial. La creación de estas colecciones tuvo lugar a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX, coincidiendo con la época dorada de la producción de instrumentos científicos en Europa. Sin embargo, a pesar de su indudable valor histórico, didáctico y patrimonial, estas colecciones han permanecido olvidadas hasta las últimas décadas, cuando han surgido un número considerable de iniciativas para preservar y catalogar los instrumentos científicos antiguos existentes en instituciones educativas de diferentes lugares del Estado español. Estas empresas colectivas han producido en muchos casos publicaciones en formato impreso o electrónico que están contribuyendo a concienciar sobre la necesidad de conservar este tipo de patrimonio. Otros proyectos están ahora mismo en vías de desarrollo por parte de equipos de profesores e historiadores de la ciencia y de la educación. No obstante, la diferente formación y la variada adscripción académica de sus impulsores, junto con el carácter marcadamente local de muchas de las publicaciones, ha impedido el necesario intercambio de experiencias y la construcción de un marco teórico y comparado que permita rentabilizar mejor los esfuerzos y producir análisis comparados de mayor calado. Con este trabajo pretendemos avanzar

en esa dirección a través de una revisión de la historia de estas colecciones y su proceso de formación en el siglo XIX.

El largo olvido que han padecido estas colecciones puede explicarse por diferentes factores, muchos de ellos asociados con el desarrollo interno de las comunidades académicas interesadas por su estudio. Por lo que respecta a los historiadores de la ciencia, su interés por la cultura material ha estado centrado en las piezas pertenecientes a los científicos más importantes o a las más prestigiosas instituciones académicas o universitarias, así como a las piezas más antiguas relacionadas con algunas especialidades como la astronomía, las matemáticas o la navegación. Desde la Segunda Guerra Mundial, varias comisiones internacionales y nacionales han impulsado la creación de catálogos de instrumentos, aunque normalmente limitados a las piezas conservadas en los centros universitarios y de investigación, con escasa atención a las existentes en escuelas e institutos². Esta situación ha cambiado en las últimas décadas con la renovación de los estudios sobre la cultura material y la historia de la enseñanza de las ciencias. Estos nuevos estudios han aportado nuevas preguntas y desempolvado fuentes apenas usadas por los historiadores de la ciencia, como los exámenes, los cuadernos de estudiantes o los instrumentos científicos, pero, en la mayor parte de casos, han seguido limitándose al estudio de las instituciones académicas de investigación y a un grupo limitado de personajes³. Por otra parte, los historiadores de la educación han centrado tradicionalmente su atención en torno a las disciplinas humanísticas, dedicando pocos trabajos a la enseñanza de las ciencias. Cuando han abordado estas disciplinas, se han interesado principalmente por las propuestas de innovación o por los niveles más elementales de la enseñanza. De este modo, las dos tradiciones históricas han caminado de manera casi paralela, lo que ha dejado casi sin explorar muchos territorios intermedios como la enseñanza de las ciencias en los

² El estudio de los instrumentos es una especialidad muy consolidada de la historia de la ciencia que cuenta con una comisión particular dentro de la Sociedad Internacional de Historia de la Ciencia (*Scientific Instrument Commission*), la cual mantiene catálogos colectivos (EPACT) y publica bibliografías anuales (http://iuhps.org/in_bibrm.htm). En el ámbito de la Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica se ha creado una comisión semejante (<http://www.instrumentscientifics.com>) en la que se inscribe este proyecto. Hay muchas obras de consulta que permiten una aproximación al tema, tales como diccionarios: BUD, R. y WARNER, J. D. (eds.): *Instruments of science: an historical encyclopædia*, New York, Science Museum, 1998; libros colectivos: HANKINS, T. L. y HELDEN, A. (eds.): «Instruments», *Osiris*, 9 (1994), pp. 1-243; HOLMES, F. L. y LEVERE, T.: *Instruments and Experimentation in the History of Chemistry*, Cambridge, MIT Press, 2000; MORRIS, P. J. T. (ed.): *From Classical to Modern Chemistry: The Instrumental Revolution*, Cambridge, Royal Society of Chemistry-Science Museum, 2002. V. también GOODAY, G.: *The Morals of Measurement: Accuracy, Irony, and Trust in Late Victorian Electrical Practice*, Cambridge, University Press, 2004.

³ Ejemplos de las nuevas tendencias en la historia de la enseñanza de las ciencias son los libros de: OLESKO, K. M.: *Physics as a calling: Discipline and practice in the Königsberg seminar for physics*, Ithaca, Cornell University Press, 1991; WARWICK, A.: *Masters of Theory: Cambridge and the Rise of Mathematical Physics*, Chicago, Chicago University Press, 2003; BENSUADE-VINCENT, B.; GARCÍA BELMAR, A. y BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R.: *L'émergence d'une science des manuels. Les livres de chimie en France (1789-1852)*, Paris, Éditions des Archives Contemporaines, 2003; KAISER, D.: *Drawing Theories Apart: The Dispersion of Feynman Diagrams in Postwar Physics*, Chicago, University Press, 2005, además de la compilación de trabajos realizada por KAISER, D. (ed.): *Pedagogy and the Practice of Science: Historical and Contemporary Perspectives*, Boston, MIT, 2005. Existen dos buenas revisiones historiográficas recientes realizadas por OLESKO, K. M.: «Science Pedagogy as a Category of Historical Analysis: Past, Present, & Future», *Science & Education*, 15 (2006), pp. 863-880 y RUDOLPH, J. L.: «Historical Writing on Science Education: a View of the Landscape», *Studies in Science Education*, 44-1 (2008), pp. 63-82.

institutos de secundaria, que podían haber servido para superar las barreras académicas. El creciente interés de las dos comunidades de historiadores por temas comunes, tales como la formación de disciplinas (académicas o escolares), los públicos de la ciencia, la enseñanza no reglada o, el tema que nos ocupa, la cultura material, es una nueva oportunidad para la colaboración interdisciplinar⁴.

Nuestro trabajo pretende favorecer estos intercambios a través del análisis de la formación de las colecciones de instrumentos de física y química en los institutos de enseñanza secundaria. Revisaremos la historia de estas colecciones para conocer los contextos pedagógicos que determinaron decisivamente sus características, sus usos y su conservación posterior. Muchos de estos objetos estaban pensados para un tipo de enseñanza de las ciencias que surgió en el siglo XVIII para consolidarse durante el siglo siguiente. Por ello, prestaremos inicialmente atención a algunas colecciones surgidas durante los años finales de la Ilustración que, como veremos, presentan ya algunos de los rasgos de los instrumentos adquiridos posteriormente. Con las excepciones que señalaremos, la mayor parte de los institutos de enseñanza secundaria crearon sus colecciones en los años centrales del siglo XIX, poco después de su creación. Analizaremos las iniciativas llevadas a cabo por Antonio Gil de Zárate, los catálogos modelos que se propusieron y la evolución posterior de las colecciones a través de un análisis comparado de un amplio número de inventarios elaborados por los centros en la segunda mitad del siglo XIX. Con la llegada de nuevas tendencias y cambios en el material escolar, el modelo pedagógico asociado con estas colecciones entró en crisis durante el primer tercio del siglo XX y los instrumentos abandonaron progresivamente las aulas para —en los casos en que no fueron destruidos— permanecer olvidados en los almacenes de los institutos hasta que pasaron a transformarse en piezas de interés patrimonial, gracias a la labor de profesores de los centros que hicieron posible su conservación. Nuestro trabajo finalizará con un repaso general de la situación general de las colecciones y algunas propuestas para asegurar su uso como fuentes históricas, herramientas didácticas y objetos de valor museístico y patrimonial.

Los instrumentos de la Ilustración

Como hemos señalado, las colecciones históricas de instrumentos actualmente existentes en los centros de enseñanza secundaria y en las universidades españolas proceden principalmente de las compras iniciadas a mediados del siglo XIX, durante los años de consolidación del nuevo modelo educativo introducido mediante

⁴ Seguimos aquí la discusión de RUDOLPH, J. L.: *Scientists in the Classroom: The Cold War Reconstruction of American Science Education*, New York, Palgrave, 2002. Sobre la cultura material escolar, v. ESCOLANO BENITO, A.: *La cultura material de la escuela. En el centenario de la Junta para Ampliación de Estudios, 1907-2007*, Berlanga de Duero, CEINCE, 2007; el número monográfico vv. AA.: «Historia de un olvido: Patrimonio en los centros escolares», *Participación Educativa*, 7 (2008), y la bibliografía recogida por LÓPEZ MARTÍNEZ, J. D. y BERNAL, M.: «El material de enseñanza como recurso didáctico en la Historia de la Educación», *Cuadernos de Historia de la Educación*, 6 (2009), pp. 53-93. Una revisión de los estudios sobre la cultura material de la ciencia en BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R. y GARCÍA BELMAR, A. (eds.): *Obrint les Caixes Negres: Els instruments científics de la Universitat de València*, València, Universitat de València, 2002. V. también las publicaciones mencionadas en la nota (1).

las reformas legislativas de 1845 y 1857. No obstante, algunos centros disponen de instrumentos más antiguos, bien por proceder de épocas anteriores o por haber sido donados posteriormente. Por ejemplo, algunas de las facultades de medicina más antiguas, como la de Salamanca, guardan objetos didácticos relacionados con la enseñanza de la anatomía. Son casos excepcionales. También lo son los restos que quedan de otros centros anteriores al siglo XIX, tales como colegios de cirugía o de farmacia, laboratorios de química, gabinetes de curiosidades, academias de ciencias, conservatorios de artes o seminarios de nobles.

La principal colección educativa anterior al siglo XIX pertenece a los Reales Estudios de San Isidro de Madrid. Creada en el último tercio del siglo XVIII, esta institución heredó los instrumentos del antiguo Colegio Imperial y contó con un taller propio de fabricación de instrumentos que dirigieron los hermanos Rostriaga. Un inventario de 1771 indica que el centro disponía ya de cerca de un centenar de piezas de astronomía y navegación, geodesia y física. En los años siguientes, los profesores de física experimental Fernández Solano y González de la Vega se encargaron de ampliar los recursos del gabinete, restaurando aparatos e introduciendo nuevos aparatos relacionados con la mecánica (máquina de Atwood), calorimetría, termometría, electricidad (Celedonio Rodríguez construyó una máquina eléctrica), magnetismo, acústica, neumática (eudiómetros y otros aparatos para el estudio de los gases), etc., hasta llegar a reunir más de doscientas piezas a principios del siglo XIX, de las cuales alrededor de ochenta se han conservado hasta la actualidad⁵. Las guerras napoleónicas y la restauración borbónica, que devolvieron el control del centro a los jesuitas, supusieron el fin de la política de compras. Por suerte, cuando el centro se transformó en uno de los nuevos institutos de secundaria establecidos en la década de 1840, los profesores de física y química fueron conscientes del valor de las piezas y elaboraron inventarios y estudios que permitieron su conservación. En 1837, el profesor Venancio González Valledor escribió un informe donde señalaba que, durante los dos últimos años, había conseguido restaurar, con la ayuda de un maestro relojero, un gran número de «instrumentos de gran mérito y utilidad» que se encontraban «en un deplorable abandono»⁶. En los años siguientes se reanudaron las compras y las donaciones, especialmente durante los años 1845 y 1848, cuando el Gobierno realizó una política de compra de instrumentos que analizaremos en el próximo apartado.

Algunas universidades y academias del siglo XVIII crearon también gabinetes de física y laboratorios de química, pero sus instrumentos tuvieron peor suerte que los pertenecientes a los Reales Estudios de San Isidro. En Barcelona, donde la Universidad había sido eliminada tras la guerra de sucesión de principios del siglo XVIII, otras instituciones como el Colegio de Cirugía, la Real Academia de Ciencias y las cátedras de Náutica, de Física experimental y de Química de la Junta de Comercio

⁵ GUIJARRO MORA, V.: *Los Instrumentos de la Ciencia Ilustrada. Física experimental en los Reales Estudios de San Isidro de Madrid (1770-1835)*, Madrid, UNED, 2002. Una interesante perspectiva sobre los múltiples significados de los instrumentos científicos en la Ilustración española es ofrecida por VALVERDE, N.: *Actos de precisión: Instrumentos científicos, opinión pública y economía moral en la Ilustración Española*, Madrid, CSIC, 2007.

⁶ SANTISTEBAN, M.: *Breve historia de los Gabinetes de Física y Química del Instituto de S. Isidro de Madrid*, Madrid, Aguado, 1875, pp. 127-128.

ofrecían cursos que dieron lugar a la formación de ricas colecciones de instrumentos que, lamentablemente, no se han conservado hasta la actualidad. Los pocos instrumentos que se han conservado se encuentran en la Academia de Ciencias y Artes de Barcelona. Esta institución adquirió una gran cantidad de instrumentos de física experimental, una parte de los cuales fueron construidos por artesanos locales tales como torneros, vidrieros y constructores de máquinas de todo tipo. Estos artesanos, en colaboración con profesores de mecánica y física experimental, no sólo se encargaron de la conservación y la reparación de los objetos, también fabricaron instrumentos como máquinas neumáticas, microscopios solares, poleas, etc., cuya calidad ya fue alabada por sus contemporáneos. La Academia también acumuló instrumentos procedentes de otros centros educativos y adquirió colecciones particulares para enriquecer su gabinete de física experimental. En 1816, compró a la viuda de Antoni Cibat, antiguo catedrático de Física experimental del Colegio de Cirugía de Barcelona, diversos aparatos para el estudio de la electricidad como una máquina de disco para producción de corrientes por rozamiento, botellas de Leiden y baterías eléctricas, aislante, esferas y conductores, etc. Lamentablemente no se ha conservado ninguna de estas piezas ni la mayor parte de las ricas colecciones que debieron reunir los centros mencionados⁷.

Menos suerte tuvieron otras colecciones de instrumentos formadas durante el último tercio del siglo XVIII y principios del siglo XIX. Afortunadamente, podemos reconstruir estas colecciones a través de la documentación de archivo que guardan algunas de las instituciones. De este modo, por ejemplo, podemos conocer las características de la colección de instrumentos de física experimental y de química que adquirió la Universidad de Valencia a finales del siglo XVIII, transformándose así en pionera en España en ofrecer enseñanzas relacionadas con estas materias mediante demostraciones experimentales. Su origen se sitúa en el nuevo *Plan de estudios* de la Universidad de Valencia de 1787, que preveía la creación de un aula de física experimental y mecánica y un laboratorio de química. Ambas estaban destinadas a los estudiantes de la universidad, aunque también se dejaba abierta la posibilidad de asistencia a otras personas interesadas en estas enseñanzas, como efectivamente ocurrió.

El Plan indicaba que, además de las lecciones teóricas de «Estática, Dinámica, Hidrostática, Hidrodinámica, Óptica, Catóptrica, Dióptrica, Perspectiva», el catedrático encargado del curso debía dedicar una segunda hora a «explicar las máquinas» y a realizar los «experimentos convenientes para dar a conocer las propiedades de los cuerpos sólidos y fluidos, especialmente del aire, del agua, del fuego y de

⁷ V. PUIG-PLA, C.: «Desarrollo y difusión de la construcción de máquinas e instrumentos científicos: el caso de Barcelona en los siglos XVIII y XIX», *Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 69-8 (2000). Sobre la colección actual de la Academia de Ciencias, v. PUIG-PLA, C.: «Máquinas e instrumentos científicos de la Real Academia de Ciencias de Barcelona», *Investigación y Ciencia*, 331 (2004), pp. 74-82. Más datos en PUIG-PLA, C.: *Física Tècnica i Il·lustració a Catalunya. La cultura de la utilitat: assimilar, divulgar, aprofitar*, Barcelona, UAB, Tesis doctoral, 2007, en especial las páginas 175-276, donde describe los maquinistas de la Academia de Ciencias de Barcelona. Sobre la Academia de Ciencias de Barcelona, v. NIETO GALÁN, A. y ROCA ROSELL, A. (coords.): *La Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona als segles XVIII y XIX. Història, ciència i societat*, Barcelona, Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona, Institut d'Estudis Catalans, 2000.

la luz». Para la organización del gabinete de física y la ejecución de las demostraciones, el Plan Blasco preveía también la dotación de una plaza de «Maquinista», entre cuyas obligaciones se encontraba la de «mantener limpias y en buen estado las máquinas y manejarlas a la orden de los Catedráticos de Mecánica y Astronomía», por lo que se debía elegir a una persona «notoriamente hábil en la composición y manejo de las máquinas». Tales capacidades debieron ser las que los responsables de la universidad vieron en José Pérez, un artesano valenciano que había construido un Globo Celeste para la Universidad en 1787, un año antes de lograr su puesto junto al entonces catedrático de Física Pedro Morata y Meliá (1760-1803)⁸.

José Pérez fue el responsable de la construcción de las máquinas que desde los primeros momentos permitieron realizar con cierta asiduidad las lecciones prácticas de física y mecánica. A él se deben, entre otros, una de las primeras bombas neumáticas y campanas con las que se realizaron las experiencias de vacío, o la máquina eléctrica con la que se llegaron a realizar experiencias médicas. Pérez se basó en los diseños que podían encontrarse en los principales tratados de física experimental, escritos por el abate Nollet (1700-1770), Pieter van Musschembroek (1692-1761) o William Jacob Gravesande (1688-1742). El gabinete incrementó de forma considerable sus fondos gracias a la adquisición de dos colecciones privadas, entre las que destaca la de Antonio Castellví, conde de Carlet, que la Universidad compró a su muerte. Poco después de la incorporación de Antonio Galiana (1762-1840) al frente de la cátedra se renovaron las instalaciones del aula, dotándola de estantes y armarios donde colocar la colección a la vista de los alumnos⁹.

Como ocurrió con la colección de los Reales Estudios de San Isidro, los instrumentos del gabinete de física de la Universidad de Valencia sufrieron las vicisitudes del agitado primer tercio del siglo XIX en España. Parte del material se perdió en los bombardeos del edificio de la Universidad durante la invasión de las tropas napoleónicas. La colección debió quedar en estado más o menos aletargado hasta los años cuarenta, cuando se crearon las nuevas facultades de filosofía, donde se impartían estudios preparatorios a otras carreras, incluyendo algunas materias científicas. Debieron realizarse numerosas adquisiciones de instrumentos en esos años porque, entre 1846 y 1847, el catedrático de Astronomía, Ramón Teruel, realizó un inventario donde aparecen algo más de un centenar de piezas del gabinete de física, perfectamente descritas y agrupadas en secciones temáticas¹⁰.

En esta primera colección, formada durante las últimas décadas del siglo XVIII y las primeras del XIX, podemos encontrar algunos de los instrumentos didácticos más representativos de los gabinetes de física de la época. Los instrumentos de

⁸ *Plan de Estudios aprobado por S. M. y mandado observar en la Universidad de Valencia*, Valencia, Benito Monfort, 1787.

⁹ Más detalles en TEN, A.: «La física experimental en la universidad española de fines del siglo XVIII y principios del XIX. La Universidad de Valencia y su aula de mecánica y física experimental», *Llull*, 6 (1983), pp. 165-189, donde se ofrece una lista de los instrumentos fabricados en esos años.

¹⁰ El informe se encuentra en el Archivo de la Universidad de Valencia (AUV), Facultad de Ciencias C. 306 (1). Más detalles en SIMON, J.; BERTOMEU, J. R. y GARCÍA, A.: «Instrumentos y prácticas de enseñanza de las ciencias físicas y químicas en la Universidad de Valencia durante el siglo XIX», *Endoxxa*, 19 (2005), pp. 59-121.

«mecánica» estaban encabezados por una máquina de Atwood «para demostrar las leyes de la gravedad» y eran seguidos, al igual que en los manuales de la época, por los instrumentos de neumática (una gran máquina neumática de dos cuerpos con numerosos complementos para mostrar los fenómenos del vacío y la presión) e hidráulica (densímetros, balanzas hidrostáticas y varios tubos y recipientes para demostrar las propiedades de los líquidos). Seguían las cuatro secciones correspondientes a los denominados fluidos imponderables: calor, luz, electricidad y magnetismo. La primera, llamada de «termología», reunía varios juegos de espejos metálicos para el estudio del calor radiante, un calorímetro de Lavoisier, varios tipos de termómetros y una eolípila. Igualmente heterogéneo era el grupo de veinte objetos de óptica, en el que junto a varios tipos de lentes, prismas y espejos, se encontraban tres tipos de microscopios (simple, compuesto y solar), y dos telescopios, uno grande catadióptrico y otro de menor tamaño con dos oculares. La gran máquina eléctrica era el núcleo de la colección de objetos de electricidad, formada por unos veinte accesorios, entre los que destacaban las pilas de Volta, electróforos y electros copios. Cerraban este bloque un grupo de imanes, agujas magnéticas y un galvanómetro dentro de la sección «magnética» y dos aparatos electromagnéticos (de Pouillet y de Clarke), en la «electromagnética». Para el estudio de la «acústica» se contaba con un «órgano de madera» sobre el que se intercambiaban toda una colección de flautas, tubos, membranas, láminas y varillas que permitían demostrar los fenómenos de producción y propagación del sonido. Varias esferas terrestres y celestes, un higrómetro de Saussure y un grafómetro formaban la sección de meteorología y geografía con la que se cerraba el inventario¹¹.

El documento que hemos descrito ofrece además numerosas pistas sobre las prácticas didácticas. Muchos aparatos tenían como objetivo principal la demostración ante los alumnos de un determinado fenómeno físico, la descripción de una propiedad de los cuerpos o la confirmación de una ley física. Por ejemplo, en la enseñanza de la hidrostática el «aparato de Haldat» servía «para probar que la presión de los líquidos es siempre como la base multiplicada por la altura». Para la enseñanza de la acústica, las dos flautas cúbicas del órgano se empleaban para «demostrar que el número de vibraciones está en razón inversa de sus dimensiones homólogas» y las cuatro flautas rectangulares servían «para demostrar que el sonido es siempre igual cuando el producto de la altura por la profundidad es el mismo»¹². De este modo, las dos actividades atribuidas en el Plan del rector Blasco a los cursos de física, «explicar las máquinas» y «dar a conocer las propiedades de los cuerpos», aparecen reducidas a un solo acto: la máquina representa al fenómeno físico y la descripción de su funcionamiento es la demostración del fenómeno en cuestión. Se trataba de un arsenal didáctico basado en un modelo de enseñanza que compaginaba lecciones magistrales con demostraciones experimentales. Las lecciones dictadas por los profesores eran ilustradas con experiencias más o menos

¹¹ *Ibidem*. Ejemplos de estos instrumentos se pueden encontrar en DE CLERCQ, P.: *The Leiden Cabinet of Physics. A Descriptive Catalogue*, Leiden, Museum Boerhaave, 1997; PYENSON, L. y GAUVIN, J.: *The art of teaching physics: the eighteenth-century demonstration apparatus of Jean Antoine Nollet*, Sillery, Septentrion, 2002; MORTON, A. y WESS, J.: *Public and private science. The king George III collection*, Oxford, Oxford University Press, 1993.

¹² AUV, Facultad de Ciencias C. 306 (1). V. SIMON, J.; BERTOMEU, J. R. y GARCÍA, A.: *op. cit.* (10).

espectaculares, ejecutadas con instrumentos científicos por el propio profesor o, en ocasiones, por ayudantes y preparadores¹³.

Como hemos señalado anteriormente, el plan Blasco también preveía la creación de un laboratorio de química para la formación de los estudiantes de medicina, aunque señalando clases especialmente dirigidas a artesanos¹⁴. Esta situación no fue particular de la Universidad de Valencia, sino que se produjo en muchos lugares de Europa a lo largo del siglo XVIII, cuando la química amplió sus públicos destinatarios hasta transformarse en una ciencia popular y considerada útil para el progreso de la sociedad¹⁵. A finales del siglo XVIII, los gobiernos borbónicos españoles establecieron o apoyaron numerosas cátedras de química, incluyendo varios laboratorios en Madrid que ofrecían cursos públicos a un público muy amplio. Uno de estos laboratorios fue dirigido por el químico francés Louis Proust y llegó a contar con una rica colección de instrumentos que fueron parcialmente destruidos durante las guerras napoleónicas¹⁶.

Además de las cátedras de química que se crearon en algunas facultades de medicina, colegios de cirugía o de farmacia, las principales impulsoras de la enseñanza de esta ciencia fueron las Sociedades Económicas de Amigos del País. Con el objetivo de fomentar el desarrollo de la agricultura, la industria y el comercio, estas sociedades fueron creándose en diferentes puntos de la península hasta llegar hasta casi sesenta en 1789. Su papel en el desarrollo de la química en esos años fue crucial no sólo por la creación de nuevos centros de enseñanza, sino por la contratación de científicos extranjeros y el apoyo económico e institucional que ofrecieron a los viajes de estudio al extranjero. En Barcelona, la Junta de Comerç creó cursos públicos de química que dirigió el farmacéutico Francesc Carbonell Bravo y que se mantuvieron durante gran parte del siglo XIX. A sus clases asistían principalmente estudiantes de cirugía y de farmacia, pero también muchos artesanos, fabricantes y personas con diversos intereses¹⁷. La mayor parte del resto de cátedras de química desaparecieron tras las guerras napoleónicas, pero sus laboratorios, junto con los profesores y las personas allí formadas, contribuyeron a la creación de una

¹³ Sobre la demostración experimental en el contexto de la enseñanza de las ciencias físicas y químicas, véase SUTTON, G.: *Science for a Polite Society. Gender, Culture and the Demonstration of Enlightenment*, Boulder, Westview Press, 1995, y el volumen especial «Science Lecturing in the 18th century», *British Journal for the History of Science*, 28-1 (1995), entre otros.

¹⁴ El plan Blasco estipulaba que «El catedrático de química tendrá lectura en el laboratorio químico. Por la mañana ocupará hora y media enseñando la química en general, y sus aplicaciones a las artes, fábricas y minas, por las Instituciones de Beaumé [Antoine Baumé], que por ahora han de estudiar en dos años los que concurren a esta clase. Por la tarde ocupará otra hora y media enseñando los elementos de Macquer, y aplicándolos solamente a la parte médica de la química. A esta podrán también concurrir cualesquiera otras personas. Tanto por la mañana como por la tarde se harán las operaciones correspondientes a la lección del día...». Más información en TEN, A.: «La ciencia experimental en la Universidad española de la Ilustración. El laboratorio químico de la Universidad de Valencia: 1787-1807», *Asclepio*, 28 (1985), pp. 287-302.

¹⁵ V. GOLINSKI, J.: *Science as Public Culture: Chemistry and Enlightenment in Britain, 1760-1820*, Cambridge, University Press, 1992; BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R. y GARCÍA BELMAR, A.: *La Revolución Química: entre la Historia y la Memoria*, Valencia, PUV, 2006.

¹⁶ Sobre la historia posterior de estos instrumentos, v. PUERTO SARMIENTO, F. J.: «La huella de Proust: el laboratorio de química del Museo de Historia Natural», *Asclepio*, 46-1 (1994), pp. 197-220.

¹⁷ NIETO GALÁN, A.: *Ciència a Catalunya a l'inici del segle XIX: teoria i aplicacions tècniques a l'escola de Química de Barcelona sota la direcció de Francesc Carbonell i Bravo (1805-1822)*, Barcelona, Tesis doctoral, 1994.

red de cátedras de química aplicada a las artes industriales durante la década de 1830 y 1840. Estas cátedras estaban asociadas con Conservatorio de Artes y Oficios de Madrid y tuvieron un papel importante en la formación de profesores o la provisión de instrumentos y espacios para los nuevos centros de enseñanza secundaria y las escuelas industriales que analizaremos en el siguiente apartado¹⁸.

Aunque los profesores de química adoptaron en gran medida los métodos de enseñanza de la física experimental que se han descrito anteriormente, esta disciplina contaba con una larga tradición docente y una cultura material propia centrada en torno al laboratorio y la preparación de productos químicos¹⁹. A principios del siglo XVIII, muchos cursos de química estaban destinados a la formación de boticarios que debían aprender las técnicas de preparación de un gran número de medicamentos químicos mediante el uso de instrumentos sencillos que habían formado parte tradicionalmente de los laboratorios químicos: retortas, alambiques, crisoles, hornos y una gran cantidad de recipientes de vidrio y barro de diversas formas y con muy diferentes usos. Muchos de los estudiantes, sobre todo los que pretendían dedicarse a la farmacia, debían aprender a manejar estos productos e instrumentos, por lo que repetían algunos de los experimentos que realizaba el profesor, para lo que debían tener acceso a los instrumentos y a los productos químicos más importantes, bien a través del laboratorio de la botica o mediante la adquisición de un pequeño laboratorio privado.

La ampliación de los públicos destinatarios de los cursos de química en el siglo XVIII condujo a la modificación de los métodos de enseñanza, aproximándose así a las demostraciones empleadas en la física experimental. Los nobles y burgueses curiosos que llenaban los anfiteatros de química del siglo XVIII estaban más interesados en experimentos espectaculares o discusiones teóricas que en los tediosos procedimientos de preparación de los productos farmacéuticos. Además, los nuevos descubrimientos sobre química neumática y, muy especialmente, el estudio de los llamados fluidos imponderables (el calórico, la luz y la electricidad) crearon un campo común de encuentro entre la física experimental y la química que se tradujo en la llegada al laboratorio químico de nuevos instrumentos, más caros y complejos, tales como calorímetros, eudiómetros, gasómetros o máquinas eléctricas²⁰.

La convivencia de los instrumentos tradicionales del laboratorio químico con los nuevos aparatos procedentes de la física experimental se puede constatar en los datos que disponemos sobre el ya mencionado Real Laboratorio de Química de Madrid que dirigió Proust en la primera década del siglo XIX. En el inventario

¹⁸ V. BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R. *et al.*: «La cultura material de la ciència dels instituts del segle XIX: la formació i l'estat actual de les col·leccions de física i química», en MAYORDOMO, A.: *Actes de les V Jornades d'Història de l'Educació Valenciana. La recuperació del patrimoni historicoeducatiu valencià*, 2011 (en prensa); BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R. y GARCÍA BELMAR, A.: «La cátedra de química aplicada a las artes de la Sociedad Económica de Amigos del País de Valencia», en *Historia de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Valencia*, Valencia, RSEAP, 2010, pp. 321-356; CANO PAVÓN, J. M.: «Las cátedras granadinas del Conservatorio de Artes (1833-1845)», *Dynamis*, 23 (2003), pp. 245-267. Sobre las escuelas industriales, v. CANO PAVÓN, J. M.: *Estado, enseñanza industrial y capital humano en la España isabelina (1833-1868). Esfuerzos y fracasos*, Málaga, Imprenta Montes S. L., 2001.

¹⁹ Una buena revisión en HOLMES, F. L. y LEVERE, T.: *op. cit.* (2).

²⁰ Sobre esta cuestión v. BENSUADE-VICENT, B.; GARCÍA BELMAR, A. y BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R.: *op. cit.* (3), y BENSUADE-VICENT, B. y BLONDEL, C. (eds.): *Science and Spectacle in the European Enlightenment*, London, Ashgate, 2008.

realizado en 1810, pocos años después del regreso definitivo de Proust a Francia, la mayor parte de las piezas pertenecen al primer grupo (frascos, morteros, hornillos, embudos, matraces, crisoles, redomas, alambiques, etc.), pero también se encuentran marmitas de Papin, máquinas neumáticas de Fortin, un eudiómetro y dos electróforos de Volta, botellas de Leiden y una máquina de eléctrica (de la que se dice que falta el disco, por lo que podemos pensar que debía ser semejante a los modelos de Ramsden)²¹. Una composición semejante aparece en la «Nota de los instrumentos, maquinas, y efectos» del «laboratorio de la cátedra de química general» de la Universidad de Valencia, realizada por Ramón Teruel en la década de 1840. En esta lista aparecen una gran cantidad de objetos tradicionales del laboratorio de química, junto con otros de reciente llegada, como el «soplete de Berzelius» o tres tipos de eudiómetros, y otros relacionados con la electricidad como un «aparato para descomponer el agua por la pila galvánica» y un reducido grupo de instrumentos de medida o de análisis cuantitativo, entre los que se encuentran un alcalímetro, dos areómetros de Baumé, un termómetro de mercurio y dos balanzas, una de ellas de gran precisión²². La pervivencia de instrumentos de química es todavía más rara que en el caso de los aparatos de física. La fragilidad de los materiales de vidrio y su fácil reutilización para varias experiencias, junto con otros factores, han contribuido a la casi total desaparición de los instrumentos relacionados con la química de los siglos XVIII y XIX. Solamente los museos de historia de la farmacia, como el que existe en la Universidad Complutense de Madrid o el museo de la artillería de Segovia conservan algunas piezas aisladas de lo que debieron ser colecciones extraordinarias.

Este rápido repaso por las principales colecciones estudiadas demuestra que, alrededor de 1840, cuando surgieron los nuevos centros de enseñanza secundaria, existía ya un modelo pedagógico de enseñanza de las ciencias basado en las demostraciones experimentales que implicaba el empleo de una gran cantidad de aparatos por parte del profesor o de su ayudante. Todo ello contribuyó a la creación de una cultura material de la ciencia en diversas instituciones educativas del siglo XVIII que moldearía muchas de las características de las colecciones que veremos en el apartado siguiente. En realidad, muchos de los aparatos del siglo XIX eran versiones simplificadas de instrumentos de la ciencia ilustrada y cumplían una función pedagógica similar, dentro de un modelo de enseñanza donde la lección teórica y la demostración experimental se consideraban ingredientes esenciales de las clases de ciencias. Muchos de los primeros profesores de ciencias se habían formado en esta tradición de enseñanza que adoptaron cuando iniciaron sus clases en la década de 1840. Además, como veremos, uno de los principales inspiradores de la reforma que dio lugar al nacimiento de los centros de secundaria, Antonio Gil de Zárate, también había asistido a cursos de física experimental, donde se emplearon instrumentos como los que hemos visto en este apartado. Todo ello explica las continuidades entre las colecciones de los siglos XVIII y XIX. También

²¹ Archivo de la Universidad de Madrid, D-1551, *Inventario general de los libros, instrumentos, máquinas y demás objetos existentes en el Real Laboratorio de Química de esta Corte...*, Madrid, 24 de febrero de 1810. También existen un gran número de muestras mineralógicas y modelos de máquinas y hornos de fundición que apuntan el modelo de enseñanza adoptado.

²² AUV, Facultad de Ciencias C. 306 (1). V. SIMON, J.; BERTOMEU, J. R. y GARCÍA, A.: *op. cit.* (10).

existieron, no obstante, fuertes diferencias procedentes de los nuevos contextos educativos propiciados por la consolidación de la enseñanza secundaria. Se crearon nuevas disciplinas escolares y públicos destinatarios, se publicaron un gran número de libros de texto locales e internacionales, se desarrolló un sistema de formación de los profesores y, finalmente, se consolidó una importante industria de precisión en Europa que permitiría la realización de compras masivas de instrumentos. En el siguiente apartado revisaremos algunas de estas cuestiones a través de ejemplos concretos siempre procedentes de institutos de enseñanza secundaria.

Física y química, disciplina escolar

La situación de la enseñanza de las ciencias cambió sustancialmente con las nuevas regulaciones de mediados del siglo XIX que crearon las bases de las nuevas facultades de ciencias y los centros de enseñanza secundaria. Como es sabido, estos últimos se crearon principalmente entre 1836 y 1845 en diversas situaciones, tanto desde el punto de vista del profesorado como de los recursos, el marco geográfico y político y las instalaciones y espacios disponibles. Se crearon tres tipos principales de institutos: universitarios (asociados con una Universidad y, por lo general, dependientes de sus instalaciones y profesorado), provinciales (que pretendían recoger alumnos de las recientemente creadas divisiones provinciales) y locales (auspiciados por municipios que no eran capitales de provincia y, por lo general, con menos recursos y alumnado). Algunos institutos podían impartir los cinco años de enseñanza previstos en los primeros planes de estudio, pero otros, los denominados «de segunda clase», se limitaban a los primeros años, dejando fuera los cursos más avanzados que eran, precisamente, donde se situaban las disciplinas científicas. Posteriormente, sobre todo tras la reforma de 1857, muchos institutos se encargaron también de los llamados «estudios de aplicación» o enseñanzas técnicas, que proporcionaban diversos títulos de peritos químicos y agrícolas, incluyendo cursos adicionales de ciencias²³.

Como hemos señalado anteriormente, la compartición de aparatos, métodos de enseñanza y objeto de estudio (los fluidos imponderables) creó unas condiciones propicias para la fusión de la física experimental y la química en una disciplina escolar común. Los primeros centros de educación secundaria modernos (*écoles centrales*) creados durante la Revolución francesa contemplaban una asignatura que reunía ambas ciencias, si bien, posteriormente, fueron impartidas en asignaturas separadas²⁴. En España, los nuevos institutos creados entre 1836 y

²³ Para una introducción general, v. VIÑAO FRAGO, A.: *Política y educación en los orígenes de la España contemporánea. Examen especial de sus relaciones en la enseñanza secundaria*, Madrid, Siglo XXI, 1982; SANZ DÍAZ, F.: *La segunda enseñanza oficial en el siglo XIX (1834-1874)*, Madrid, MEC, 1985. Existen pocas síntesis posteriores y la mayor parte de los estudios están centrados en institutos particulares, por lo que existe una gran cantidad de literatura, de muy diversa calidad, de carácter local y, en ocasiones, con pocos contactos entre sus autores. Una excepción notable a esta tendencia general es el estudio sobre el instituto de Valencia: SIRERA, C.: *Un título para las clases medias: La enseñanza media en la provincia de Valencia, 1859-1902*, Valencia, UV, Tesis doctoral, 2009.

²⁴ Sobre la situación en Francia, v. FOURNIER-BALPE, C.: *Histoire de l'enseignement de la physique dans l'enseignement secondaire en France au XIX^e siècle*, Paris, Université Paris XI, 1994, y BELHOSTE, B. et al.: *Les sciences dans l'enseignement secondaire français. Textes officiels*, Paris, INRP, 1995.

1845 incorporaron una asignatura de lecciones de física experimental (mecánica, hidrostática e hidrodinámica, acústica, calor, óptica, electricidad y magnetismo) con algunas clases sobre «nociones de química». Con ligeros cambios, esta asignatura se mantendría en el currículo de la enseñanza secundaria durante todo el siglo XIX y buena parte del XX, dando lugar la aparición de una larga lista de libros de texto y la formación de un profesorado especializado²⁵. En este contexto, surgió una cultura material propia asociada con los métodos de enseñanza basados en la demostración, que ya aparece señalada en los primeros anuncios de contratación de profesores de la década de 1840, antes incluso de que existiera la reglamentación que comentaremos en el siguiente apartado. Por ejemplo, en 1841, para la provisión de dos cátedras de «elementos de física y química» de los institutos de Cáceres y Tudela, se exigió a los aspirantes que prepararan un programa donde presentaran los temas «procurando que los ejemplos, demostraciones y aplicaciones sean numerosos, sencillos y comunes». Durante el examen, los candidatos no sólo debían responder a las preguntas «acerca del contenido del programa», sino también realizar «los experimentos» que la comisión «juzgara necesarios»²⁶.

Los primeros profesores que superaron estos exámenes y ocuparon estas plazas tenían una formación muy heterogénea. Muchos de ellos eran farmacéuticos y médicos, algunos abogados, con una formación previa en ciencias físicas muy variada. Por ejemplo, Francesc Bonet i Bonfill había estudiado farmacia antes de ser nombrado profesor del instituto de Lérida en 1845. Tenía una sólida formación en química analítica y, por ello, pudo adaptar varios aparatos físicos y construir una sensible balanza de precisión en esos años. Desempeñó varias veces la dirección del instituto y, a finales del siglo XIX, fue nombrado director del instituto de Barcelona²⁷. Josep Llach i Soliva, profesor del instituto de Girona desde 1845, era también doctor en farmacia. Fue secretario del instituto, autor de un manual de química y, como otros muchos profesores de esos años, se encargó de la organización de los gabinetes de física, química e historia natural. En un informe de 1849, señalaba que preparaba con antelación suficiente «los aparatos y demás experiencias» que empleaba en sus lecciones. Éstas comenzaban con los principios teóricos acompañados de «demostraciones matemáticas», siempre que lo permitiera el nivel elemental de los alumnos, y, por lo general, continuadas por la «confirmación experimental». Llach afirmaba poner «el mayor empeño» en que los alumnos adquirieran «una idea exacta de los aparatos en conjunto, y de cada una de sus partes», así como «de la marcha de los experimentos y su teoría», para lo cual empleaba «los abundantes medios materiales» del gabinete de física. Finalmente, también hacía énfasis en las «aplicaciones más importantes» del tema en cuestión a «las demás ciencias, a las artes y a los usos más comunes de la vida»²⁸.

²⁵ V. la excelente tesis de LÓPEZ MARTÍNEZ, J. D.: *La enseñanza de la física y la química en España en la educación secundaria en el primer tercio del siglo XX en España*, Murcia, Universidad de Murcia, 1999, que analiza el problema desde la perspectiva de la historia de las disciplinas escolares, con fuerte atención a la cultura material del aula. Sobre las disciplinas escolares, v. VIÑAO FRAGO, A.: «La historia de las disciplinas escolares», *Historia de la Educación*, 25 (2006), pp. 225-242.

²⁶ *Gaceta de Madrid*, 1 de septiembre de 1841.

²⁷ *Gaceta de Madrid*, 7 de marzo de 1860. V. CASALS BERGES, Q.: *Tots a l'escola? El sistema educatiu liberal en la Lleida del XIX*, València, PUV, 2006.

²⁸ Citado por OLORIZ, J.: *L'Institut de Segon Ensenyament de Girona (1845-1900)*, Girona, CCG, 2008, p. 48.

La heterogeneidad inicial de los profesores de física y química fue desapareciendo a medida que se consolidó la nueva disciplina escolar. La fugaz Escuela Normal de Filosofía aportó una interesante experiencia formativa a algunos influyentes profesores de ciencias, como José Monlau, traductor del importante manual de Adolphe Ganot, que comentaremos más adelante, o Jaume Banús i Castellví, futuro director del instituto de Valencia. Como otros muchos profesores, este último obtuvo posteriormente el título de licenciado en ciencias que se convirtió en obligatorio para los profesores de física y química de la segunda mitad del siglo XIX²⁹.

Los tres libros de texto de física y química más populares gozaron de numerosas ediciones durante la segunda mitad del siglo XIX: el *Manual de física y nociones de química* (1847), de Manuel Rico y Mariano Santisteban; el *Programa de un curso elemental de física y nociones de química* (1848), de Venancio González Valledor y Juan Chavarri, y el *Tratado elemental de física experimental y aplicada* (1856), de Adolphe Ganot. Chavarri y González Valledor eran profesores de física en la Universidad Central en Madrid, Santisteban ocupaba la cátedra de Física y Química del instituto de San Isidro, que hemos descrito en el apartado anterior, y Rico era profesor de física en la Universidad de Valladolid. Estos autores fueron los encargados de preparar los primeros libros de texto de 'física y química' para las escuelas secundarias españolas que, a partir de mediados de siglo, serían escritos por autores españoles, con la principal excepción del popular manual de física del francés Adolphe Ganot, que, como en otros países, consiguió encontrar su lugar en el mercado español, a pesar del peso académico de sus competidores. En España sus primeras ediciones fueron traducidas por José Monlau, que había sido estudiante en la Escuela Normal³⁰.

Una revisión rápida de la gran cantidad de grabados de estos libros indica la importancia de los instrumentos científicos en el modelo de enseñanza de las ciencias imperante en el siglo XIX. Las demostraciones experimentales perseguían una gran diversidad de objetivos, desde la constatación experimental de una ley de la mecánica hasta experiencias espectaculares con electricidad destinadas a maravillar a los alumnos con fenómenos sorprendentes más o menos relacionados con los contenidos del curso. Muchas de las experiencias provenían de la tradición pedagógica descrita en el apartado anterior, ampliada y renovada por los «demostradores» que recorrieron Europa a lo largo del siglo XVIII y principios del XIX con un abanico de experiencias que combinaban la magia, la ciencia y el teatro, en sesiones públicas llenas de explosiones, chispas y colores espectaculares³¹. Las experiencias se hacían con instrumentos caros y delicados, que no podían permanecer en manos de los alumnos. A lo largo del siglo XIX, la formación práctica en el laboratorio

²⁹ Sobre la Escuela Normal, v. YANES CABRERA, C.: «Análisis histórico sobre la creación y desaparición del primer centro español para la formación del profesorado de educación secundaria», *Revista de Educación*, 336 (2006), pp. 745-762. Sobre Banús, v. CUENCA LORENTE, M.: «Jaume Banús, un profesor de física i química del segle XIX», en GRAPÍ VILUMARA, P. y MASSA ESTEVE, M. R. (eds.): *Actes de la VI Jornada sobre Història de la Ciència i de l'Ensenyament*, Barcelona, SCHCT-IEC, 2011, pp. 107-113.

³⁰ Sobre este texto y otros manuales de física de esos años, v. SIMON CASTEL, J.: *Communicating Physics: The Production, Circulation and Appropriation of Ganot's Textbooks in France and England, 1851-1887*, London, Pickering & Chatto, 2011.

³¹ Sobre los demostradores, v. SUTTON, G.: *op. cit.* (13). Sobre la relación entre ciencia y espectáculo en el siglo XVIII, v. BENSUADE-VINCENT, B. y BLONDEL, C.: *op. cit.* (20).

estaba limitada a un grupo muy reducido de estudiantes, normalmente en determinados cursos universitarios. La mayor parte de los alumnos aprendían los experimentos mediante la lectura de libros y las explicaciones y las demostraciones de los profesores y sus ayudantes. En este contexto pedagógico surgieron la mayor parte de las colecciones de instrumentos de física y química de los institutos de enseñanza secundaria.

La creación de las colecciones de física y química: los catálogos modelo

El establecimiento de gabinetes de física y laboratorios de química fue una prioridad para los Gobiernos que organizaron la enseñanza secundaria alrededor de 1845. Además de las iniciativas emprendidas por cada centro, se elaboró un catálogo modelo que describía las principales características que debían tener las colecciones. Un protagonista importante de estas iniciativas fue el secretario de Educación, Antonio Gil de Zárate, que se había formado en Francia y había asistido a lecciones de física experimental en los Reales Estudios de San Isidro de Madrid, por lo que debía conocer la importancia de los instrumentos en la enseñanza de la física y la química.

Después de revisar el estado de las colecciones universitarias españolas de física y química, una comisión de profesores universitarios designada por el Gobierno estableció un catálogo de referencia y, en el otoño de 1846, Gil de Zárate —acompañado por el profesor Juan Chavarri— viajó a París para organizar la compra de instrumentos. Allí contactó con Mateo Orfila (1787-1853), un español que había desarrollado una carrera triunfal en Francia como profesor de química médica y decano de la Facultad de Medicina de París. Gracias a sus consejos, Gil de Zárate contrató los servicios de cuatro fabricantes parisinos de instrumentos: «Pixii y Deleuil para los instrumentos de física; Lizé & Clech para el vidrio y la porcelana, y los hermanos Rousseau» para los productos e instrumentos químicos. La compra incluyó instrumentos de física para once gabinetes, balanzas de precisión, modelos de máquinas de vapor, aparatos y sustancias químicas, una colección mineralógica y un gran número de láminas para la enseñanza de la medicina³².

En 1847 se elaboró un catálogo modelo los gabinetes de física y química de las escuelas de enseñanza secundaria. La lista de instrumentos estaba basada en los catálogos de los constructores franceses Lerebours y Pixii, incluyendo 152 instrumentos de física (valorados en 9531 fr.) y 133 objetos de química (valorados en 6448 fr.). La colección fue posteriormente reducida, especialmente la parte de química, dejándola solamente en un 10% de la cantidad inicialmente estipulada (600 fr.). La colección de física sufrió una reducción algo menor y quedó establecida en 116

³² V. GIL DE ZÁRATE, A.: «Real Orden ... de la comisión que llevó al extranjero para adquirir máquinas y útiles necesarios en las universidades», *Boletín Oficial de Instrucción Pública*, 5 (1847), pp. 129-137; GIL DE ZÁRATE, A.: *De la instrucción pública en España*, Madrid, Imp. del Colegio de Sordomudos, 1855, pp. 255-257; SIMON, J.; BERTOMEU, J. R. y GARCÍA, A.: *op. cit.* (10) y SIMON CASTEL, J.; BERTOMEU, J. R. y GARCÍA, A.: «Nineteenth-century scientific instruments in Spanish secondary schools», en CARNEIRO, A. y LOURENÇO, M.: *Spaces and Collections in the History of Science: The Laboratorio Chimico Overture*, Lisbon, Museum of Science of the University of Lisbon, 2009.

objetos, que costaban casi la mitad del precio original (5000 fr.). En la lista de física, las especialidades mejor representadas eran la electricidad y magnetismo (39 objetos), la mecánica (15) y la neumática (19)³³.

El catálogo modelo publicado en 1847 para los institutos era una versión reducida del publicado anteriormente para las universidades que hemos descrito. Los dos catálogos eran similares en términos generales cualitativos y cuantitativos, pero el catálogo de la universidad incluía, por lo menos, un tercio más de instrumentos de física y triplicaba el número de objetos de química. La colección universitaria permitía exponer un espectro mayor de fenómenos físicos y químicos. Además, la colección modelo para secundaria era más barata, porque los instrumentos recomendados para la universidad eran más complejos y permitían el uso no sólo en la enseñanza, sino también, en ciertos casos, en la investigación. Ejemplos de esta última situación son los numerosos polarímetros (destinados al análisis químico, entre otras cuestiones, pero que también podían emplearse en las clases) o el aparato para demostrar el desarrollo de magnetismo por rotación, diseñado por François Arago y más directamente conectado con la investigación que con la enseñanza.

En la creación de los catálogos modelo, Gil de Zárate emuló las medidas que se habían adoptado unos años antes en Francia. En 1842, Louis-Jacques Thenard había enviado copias de los catálogos de los constructores Deleuil y Pixii a todas las escuelas francesas, lo que fue seguido por una revisión centralizada del estado de sus colecciones y la publicación de un catálogo modelo. Pixii había sido también uno de los principales constructores de instrumentos recomendado por el gobierno francés en un catálogo modelo publicado previamente en 1821. Tanto en el catálogo modelo francés de 1821 como en el de 1842 se sugería que, aunque el principal objetivo era pedagógico, cuando fuera posible, las escuelas de enseñanza secundaria podían adquirir instrumentos para las investigaciones de los profesores de ciencias físicas³⁴.

El catálogo escolar francés de 1842 contenía muchos más instrumentos de física que los establecidos en las listas previstas para las colecciones universitarias (1846) y los institutos (1847). La colección francesa incluía más barómetros y termómetros, así como numerosos instrumentos más avanzados para el estudio del calor y la electricidad y magnetismo, y otros destinados a ilustrar innovaciones industriales recientes. Muchos de estos instrumentos estaban estrechamente relacionados con las investigaciones realizadas por autores franceses como François Arago, Alejandro-Edmond Becquerel y Macedonio Melloni. El catálogo español de universidad era muy pobre en instrumentos de acústica, en comparación con el modelo francés. En contraste, la colección modelo francesa tenía un número menor de

³³ Alrededor de 1847, el currículo de las enseñanzas de química en la enseñanza secundaria española fue considerablemente reducida, y como consecuencia, se consideró apropiado limitar las colecciones asociadas. Más detalles, en SIMON, J. y CUENCA, M.: «Science Pedagogy and the Material Culture of the Nineteenth-Century Classroom: Working with Collections in Spanish Secondary Schools», *Science & Education* (2010) (en prensa); CUENCA, M. y SIMON, J.: «The Establishment and Development of Physics and Chemistry Collections in Nineteenth-Century Spanish Secondary Education», en WITJE, R. y HEERING, P.: *Learning by Doing: Experiments and Instruments in the History of Science Teaching*, Stuttgart, Franz Steiner Verlag, 2010 (en prensa) y SIMON CASTEL, J.: *op. cit.* (30).

³⁴ BELHOSTE, B. *et al.*: *op. cit.* (24), recoge la mayor parte de estos documentos. Estos catálogos nos servirán para realizar un análisis comparado con la situación española.

instrumentos para ilustrar la mecánica de sólidos, seguramente por el hecho de que la mecánica era considerada en Francia como una asignatura separada de la física general. En muchos aspectos, el catálogo modelo para los institutos españoles era similar al primer catálogo publicado para los *colleges* franceses (1821), por su número limitado de instrumentos, seleccionados con el objetivo de mostrar fenómenos físicos simples.

A pesar de que fueron cruciales para la constitución de las colecciones, no todos los profesores estaban satisfechos con la compra de instrumentos realizadas por Gil de Zárate. Mariano Santisteban, profesor de los Reales Estudios de San Isidro, donde se conservaba una colección procedente del siglo XVIII, descrita en el anterior apartado, señalaba que el número de aparatos que había recibido su centro había sido pequeño, «todos ellos los más sencillos y elementales por su calidad de mediana construcción»; y «por su precio, los últimos que se registraban en los catálogos de instrumentos de Física y Química de fabricación francesa, la más barata de toda Europa en aquella época». Además, cuando en 1850 abrió las cajas de los enviados, muchos estaban rotos. Santisteban comparaba, además, estos aparatos con los existentes en el instituto de «antigua fabricación española». Y señalaba:

[Los instrumentos de antigua fabricación] revelan las grandes ideas que se tenían de la Física, entre los hombres del siglo pasado que los mandaron construir; con los segundos aparece la ciencia tan pequeña, que cualquiera creería que con ellos se había intentado hacer para los alumnos un poco tangibles las figuras de las pizarras, negando en absoluto todo auxilio para el estudio del profesor y adelantamiento experimental de la ciencia³⁵.

Los comentarios de Mariano Santisteban matizan la importancia de las compras impulsadas por Gil de Zárate a mediados del siglo XIX. Sin embargo, como hemos señalado, los Reales Estudios de San Isidro constituyen una excepción entre el resto de centros de secundaria porque disponían de una colección propia, creada durante el siglo XVIII. En el resto de los casos, los institutos no disponían de colecciones de instrumentos anteriores y las compras realizadas por Gil de Zárate sirvieron, en muchas ocasiones, para dotar sus primeros gabinetes de física y laboratorios de química que irían creciendo en las décadas posteriores.

El crecimiento de las colecciones en la segunda mitad del siglo XIX

Las recomendaciones de estos catálogos modelo fueron progresivamente adoptadas y, en muchos casos, ampliamente superadas por los institutos españoles. De acuerdo con un informe del Gobierno, diecinueve escuelas de enseñanza media tenían un gabinete de física completo a mediados del siglo XIX. Otros once gabinetes estaban prácticamente completos y solo cinco escuelas estaban mal equipadas³⁶.

³⁵ SANTISTEBAN, M.: *op. cit.* (6), pp. 43-46.

³⁶ *Gaceta de Madrid*, 7 de septiembre de 1850, pp. 1-3. Unos años más tarde, Gil de Zárate remarkaba con orgullo que muchos institutos (como los de Palma de Mallorca, Gerona, Lérida y Ourense) tenían colecciones mayores que las prescritas por el catálogo modelo. Cf. GIL DE ZÁRATE, A.: *op. cit.* (32), pp. 80-161.

Podemos conocer con más detalle su estado a principio de la década de 1860 porque la mayoría de los institutos publicaron catálogos completos de sus colecciones pedagógicas en ese período³⁷. Estos catálogos muestran que la situación de las colecciones era heterogénea. En general, seguían el patrón fundacional establecido por el catálogo modelo de 1847, pero con bastantes mejoras, sustituciones y adiciones. La mayoría de los institutos universitarios tenían colecciones que triplicaban el número de objetos recomendado en el catálogo modelo de 1847 para las escuelas, y doblaban el número estipulado por los catálogos modelo para las universidades españolas (1846) y para los *collèges* franceses (1842) antes mencionados. Un número considerable de institutos provinciales habían también conseguido incrementar sus colecciones por encima de las recomendaciones incluidas en el catálogo modelo de las universidades y los institutos españoles. Pero también otro grupo importante de institutos provinciales sólo pudieron igualar o aproximarse muy ligeramente a las recomendaciones hechas más de una década antes. Éste fue también el caso para los institutos locales³⁸.

Aunque es indudable la fuerte influencia que ejerció el catálogo modelo de 1847, hubo diferencias relevantes en el modo en que los institutos españoles actualizaron sus colecciones en las décadas siguientes. El material científico se adquiría a través de las aportaciones de las instituciones de las que dependían (universidades, diputaciones provinciales o ayuntamientos), aunque también en ocasiones a partir de las propias rentas del instituto o de las asignaciones extraordinarias concedidas por el Gobierno y, durante algún tiempo, a partir de un porcentaje de los ingresos procedentes de las matrículas y otros derechos académicos. También fueron frecuentes —y, a menudo, sustanciosas— las donaciones de objetos realizadas por profesores y particulares, sobre todo en el caso de los gabinetes de historia natural. La importancia de cada una de estas fuentes de renovación del material científico era diferente para cada instituto y varió a lo largo del siglo XIX, debido a la publicación de varios reglamentos y normativas que condicionaron las posibilidades de compras de instrumentos.

En general, los institutos más grandes, situados en ciudades universitarias y capitales de provincias, fueron capaces de incrementar sus colecciones en mayor medida, especialmente en el área de electricidad, pero también en el estudio de la luz y del calor. Estas adiciones permitieron diversificar el rango de fenómenos naturales que los profesores podían presentar en sus clases. Por ejemplo, se añadieron instrumentos que permitían estudiar los fenómenos de polarización de la

³⁷ Estos catálogos eran incluidos en los informes anuales que cada instituto enviaba al Gobierno y que eran publicados en sus *Memorias*. La publicación de las *Memorias* de los institutos había sido establecida oficialmente por el Gobierno a finales de los años 40. Caracterizaban cuantitativa y cualitativamente la vida en cada instituto, incluyendo información sobre sus colecciones, bibliotecas, locales, personal y estudiantes, precedido por la conferencia inaugural del año académico realizada anualmente por el director del instituto. Las *Memorias* tenían una función combinada, administrativa y social. Obligaban a las escuelas a mantener un registro regular de sus actividades, ayudaban al Gobierno central a controlarlas, y también servían como herramienta de prestigio social e institucional a nivel local y nacional, puesto que exponían públicamente la afluencia relativa y las capacidades de cada instituto.

³⁸ Para el análisis que sigue hemos consultado una serie de *Memorias* publicadas entre 1861 y 1862 que incluyen cuatro institutos universitarios (Granada, Oviedo, Salamanca y Valencia), 20 institutos provinciales (Alicante, Badajoz, Baleares, Burgos, Cáceres, Castellón, Ciudad Real, Cuenca, Girona, Huelva, Huesca, Jaén, León, Lleida, Logroño, Málaga, Ourense, Palencia, Pamplona, Pontevedra, Soria) y 2 institutos locales (Figueres, Monforte de Lemos). V. CUENCA, M. y SIMON, J.: *op. cit.* (33).

luz, la termoelectricidad y la inducción electromagnética que habían sido investigados por primera vez en las décadas inmediatamente anteriores. Durante los años siguientes, un instituto de grandes dimensiones y un número relativamente alto de alumnos, como el de Valencia, pudo comprar muy rápidamente aparatos de invención reciente como el radiómetro de Crookes, el teléfono o el micrófono.

Muchos institutos de dimensiones más reducidas, que no tenían la capacidad financiera suficiente para incorporar todos los avances recientes de la ciencia, también mostraron gran interés en actualizar las colecciones. Muchos centros introdujeron instrumentos de polarimetría como el polariscopio de Arago (Oviedo, Salamanca, Burgos, Baleares y Girona, pero también Ciudad Real y Cuenca) y el polarímetro de Norremberg (Salamanca, Baleares, Burgos y Girona, pero también Málaga, Cuenca y Monforte de Lemos —este último, un instituto local). También se compraron aparatos de inducción como la bobina de Ruhmkorff (Valencia, Salamanca, Lérida, Baleares, Girona, Alicante, Pontevedra) e instrumentos para el estudio y la demostración de descargas eléctricas en gases como los famosos tubos de Geissler (Lérida, Baleares, Girona —institutos provinciales pero no universitarios—). Los institutos pequeños tuvieron que ser más selectivos en sus compras y se limitaron a actualizar una parte de sus colecciones de física, generalmente los instrumentos relacionados con la electricidad. La mayoría de centros ampliaron sus colecciones en el número y tipo de pilas eléctricas e incluyeron también algunos modelos que ofrecían ejemplos de aplicaciones industriales o comerciales de la electricidad, tales como el telégrafo, aparatos electromagnéticos y otros destinados a usos médicos de la electricidad. Otras adiciones con intención más explícitamente pedagógica fueron estereoscopios, linternas mágicas y cámaras fotográficas³⁹.

Los requerimientos pedagógicos, la situación geopolítica, las dimensiones de los edificios y la población escolar no son los únicos parámetros que explican la evolución de las colecciones. Así, por ejemplo, los pocos galvanómetros no se adquirieron en los más importantes institutos universitarios o provinciales (con excepción de Salamanca), sino en centros más pequeños como los de Logroño, Huesca y Monforte de Lemos. Por otra parte, muchos institutos aumentaron considerablemente sus colecciones de termómetros y barómetros y adquirieron instrumentos de alta precisión como consecuencia de la creación de una red de estaciones meteorológicas coordinada por el Observatorio Astronómico de Madrid. Los datos eran procesados en Madrid, pero aparecían también publicados en periódicos locales y en las *Memorias* de los institutos. De este modo, durante la década de 1860, muchos centros modestos fueron equipados con buenas estaciones meteorológicas. Por ejemplo, en 1856, el catedrático de física y química Francesc Bonet i Bonfill creó una estación meteorológica en el instituto de Lleida y, dos años más tarde, empezó a enviar datos a Madrid. Según las memorias publicadas por el instituto de Cáceres, su director estableció una estación meteorológica

³⁹ Los datos proceden de las *Memorias* comentadas en la nota anterior. Mas información en CUENCA, M. y SIMON, J.: *op. cit.* (33); SIMON, J. y CUENCA, M.: *op. cit.* (33). V. LÓPEZ MARTÍNEZ, J. D.: «Francia en el punto de mira: el material científico para la enseñanza de la física y química en los institutos de segunda enseñanza a partir del Plan de 1845», en HERNÁNDEZ DÍAZ, J. M. (ed.): *Influencias francesas en la educación española e iberoamericana (1808-2008)*, Salamanca, Universidad de Salamanca, 2008, p. 156, que recoge la opinión crítica del catedrático Tomás Escriche sobre la compra de objetos demasiado caros.

en 1861. Los instrumentos, contruidos en París, eran calibrados en el Observatorio de Madrid antes de ser enviados a la escuela. A pesar de este ejemplo, las colecciones de meteorología fueron una excepción al patrón general de dependencia de la industria francesa de precisión, sólo completada con una tímida emergencia de algunas pequeñas industrias locales en varias ciudades españolas. En muchas escuelas con colecciones meteorológicas importantes, como Oviedo, Salamanca y Burgos, la mayor parte de instrumentos provenían de los talleres de importantes fabricantes londinenses de origen italiano como Casella y Negretti & Zambra⁴⁰.

De herramientas pedagógicas a patrimonio cultural en peligro

Las compras de nuevos instrumentos y la mejora de las colecciones continuaron durante las tres primeras décadas del siglo XX, cuando todavía eran herramientas indispensables para la enseñanza de las ciencias. Nuevas tendencias, sin embargo, pronto cambiarían esta situación. La introducción de modelos pedagógicos heurísticos, más centrados en la actividad de los estudiantes, redujo el papel de las demostraciones espectaculares de los profesores. Entre los casos mejor estudiados se encuentra el del profesor británico Henry E. Armstrong, que postulaba la transformación del estudiante en un científico en miniatura que podría descubrir las leyes físicas con experimentos simples realizados con la guía del profesor. En el Finsbury College, Armstrong daba a los estudiantes instrucciones precisas para realizar una larga lista de experimentos sencillos que servían para introducir la terminología científica y los conceptos básicos. Otros movimientos posteriores, particularmente centrados en la enseñanza elemental, defendieron la creación de instrumentos sencillos por parte de los mismos alumnos y el uso de ejemplos procedentes de la naturaleza y de la vida cotidiana. Como consecuencia, los instrumentos empleados para demostraciones hechas únicamente por el profesor quedaron relegados con la llegada de nuevos equipos pensados para otras formas de enseñanza más centradas en la participación activa del estudiante. A principios del siglo XX, inspirados por los nuevos métodos heurísticos, los fabricantes británicos de instrumentos comercializaron toda una serie de instrumentos sencillos que podían ser fácilmente contruidos por los alumnos⁴¹.

⁴⁰ Sobre los fabricantes v. RUIZ CASTELL, P. et al.: «Els fabricants d'instruments de la Universitat de València», en BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R. y GARCÍA BELMAR, A. (eds.): *Obrint les Caixes Negres: Instruments científics de la Universitat de València*, València, Universitat de València, 2002, pp. 367-380; RUIZ CASTELL, P.: «Scientific Instruments for Education in Early Twentieth-Century Spain», *Annals of Science*, 65-4 (2008), pp. 519-527; BRENNI, P.: «La industria de la precisión en el siglo XIX», en BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R. y GARCÍA BELMAR, A. (eds.): *Obrint les Caixes Negres*, op. cit., pp. 53-73; WILLIAMS, M. E. W.: *The Precision Makers: A history of the instruments industry in Britain and France, 1870-1939*, London, Routledge, 1994. La información del instituto de Lleida procede de CASALS BERGES, Q.: op. cit. (27). Más datos sobre el desarrollo posterior del centro de meteorología en ANDUAGA, A.: «Ciencia, ideología y política en España: Augusto Arcimís (1844-1910) y la creación del Instituto Central Meteorológico», *BILE*, 53 (2003, diciembre), pp. 1-15.

⁴¹ El lema empleado por uno de estos fabricantes es suficientemente indicativo del planteamiento didáctico: «Every Boy & Girl, A Scientist». Sobre esta última cuestión, v. KEENE, M.: «Every Boy & Girl a Scientist Instruments for Children in Interwar Britain», *Isis*, 98-2 (2007), pp. 266-289. Sobre H. Armstrong v. BROCK, W. H.: *H. E. Armstrong and the Teaching of Science, 1880-1930*, Cambridge, University Press, 1973 y sobre los cambios en las prácticas pedagógicas, v. RUDOLPH, J. L.: op. cit. (4).

En un contexto muy diferente, los movimientos pedagógicos del primer tercio del siglo XX en España propiciaron un cambio en la cultura material de las aulas, defendiendo un tipo de educación científica, dirigida a la formación de los ciudadanos, donde las actividades prácticas realizadas por alumnos jugaban ahora un papel destacado. Los Institutos-Escuela, el Museo Pedagógico y la Junta de Ampliación de Estudios tuvieron un gran protagonismo en este proceso. Muchos profesores innovadores, como José Estalella o Miguel Catalán, se habían formado en el extranjero gracias a becas de la Junta. Aconsejaban evitar el uso de demostraciones con instrumentos complicados y ajenos a la experiencia cotidiana de los estudiantes, para reemplazarlos por excursiones para conocer la naturaleza circundante y prácticas de laboratorio, con instrumentos sencillos fabricados por los propios estudiantes. «Ciencia no vista nacer y formar por quien en ella va a iniciarse, es ciencia muerta. El estudiante ha de sentir la creación del conocimiento» —afirmaba Estalella en 1925—. Estas tendencias condujeron a la progresiva desaparición de los instrumentos mencionados en el apartado anterior y su sustitución por otros más sencillos y con nuevos propósitos pedagógicos⁴².

Cuando en la década de 1950 y 1960 llegaron a los institutos españoles los equipos de prácticas preparados por la empresa ENOSA y el instituto Torres Quevedo, los instrumentos del siglo XIX y principios del XX fueron definitivamente apartados de los laboratorios y, en el mejor de los casos, permanecieron olvidados en sótanos polvorientos y viejos armarios o fueron transformados en piezas decorativas de salas de profesores y bibliotecas escolares. Además del azar, la conservación de estas colecciones ha estado condicionada por circunstancias particulares de cada centro, ante la ausencia casi total de una política local o estatal sobre el patrimonio científico⁴³.

Como hemos señalado, el Instituto San Isidro de Madrid es un caso particular. Su rica colección, ya inventariada por los profesores del siglo XIX, fue cedida en los años ochenta al *Museo Nacional de Ciencia y Tecnología*⁴⁴. Aparte de éste y otros casos excepcionales, en la mayor parte de los institutos los instrumentos se han salvado gracias a la labor desinteresada de equipos de profesores que han sabido reconocer, mucho antes que las autoridades políticas y académicas, el extraordinario valor de estas piezas. Sin acciones continuadas de salvaguarda del patrimonio científico, junto con algunas celebraciones de aniversarios de creación

⁴² La cita de Estalella procede del trabajo de BERNAL MARTÍNEZ, J. M. y LÓPEZ, J. D.: «La Junta para Ampliación de Estudios (JAE) y la enseñanza de la ciencia para todos en España», *Revista de Educación*, 1 (2007), p. 231. Más información en BERNAL MARTÍNEZ, J. M.: *Renovación pedagógica y enseñanza de las ciencias. Medio siglo de propuestas y experiencias escolares (1882-1936)*, Madrid, Biblioteca Nueva, 2001 y LÓPEZ MARTÍNEZ, J. D.: *La enseñanza de la física y la química en España en la educación secundaria en el primer tercio del siglo XX en España*, Murcia, Universidad de Murcia, Tesis doctoral, 1999 y LÓPEZ MARTÍNEZ, J. D.: *op. cit.* (25). Sobre los institutos-escuela, v. el reciente trabajo de MARTÍNEZ ALFARO, E.: *Un laboratorio pedagógico de la Junta de Ampliación de Estudios. El Instituto-Escuela Sección Retiro de Madrid*, Madrid, Biblioteca Nueva, 2009. Sobre los nuevos fabricantes y el Instituto de Material Científico, v. ROMERO DE PABLOS, A.: «Dos políticas de instrumental científico: el Instituto del Material Científico y el Torres Quevedo», *Arbor*, 631-632 (1998), pp. 359-386 y RUIZ CASTELL, P.: *op. cit.* (40).

⁴³ Este período ha sido poco estudiado hasta el momento. Sobre la historia de estos fabricantes, v. ROMERO DE PABLOS, A.: *op. cit.* (42) y BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R. y GARCÍA BELMAR, A.: *op. cit.* (4).

⁴⁴ GUIJARRO MORA, V.: *op. cit.* (5).

de los institutos, han servido para impulsar trabajos de inventariado y restauración que han permitido la revalorización de las piezas, la creación de mejores condiciones de almacenamiento y, a veces, estudios y catálogos más o menos completos. Veamos algunos ejemplos.

El instituto «Alfonso X el Sabio» de Murcia fue uno de los primeros centros de enseñanza secundaria del siglo XIX. Fue creado antes de la ley de 1845 y pronto se dotó de gabinetes de historia natural, laboratorios de física y química, colecciones de modelos agrícolas y un jardín botánico. Muchas piezas han sobrevivido hasta la actualidad para formar parte del museo del instituto. La colección de física está formada por más de trescientos instrumentos, de los cuales cerca de doscientos fueron catalogados con motivo del aniversario del instituto celebrado en 1987⁴⁵. También el instituto de Segovia, creado en 1845, ha conservado una parte de sus instrumentos gracias a un grupo de profesores que han trabajado por recuperar las piezas de este importante legado⁴⁶. Más recientemente muchos otros centros se han sumado a estas tareas de recuperación de su patrimonio: el Instituto 'Joan Ramis i Ramis' de Maó⁴⁷, el antiguo «Instituto Balear» de Mallorca⁴⁸, el Instituto «Padre Vitoria» de Alcoi⁴⁹, el Instituto «Cardenal Cisneros» de Madrid, el Instituto «Padre Suárez» de Granada, el Brianda de Mendoza de Guadalajara, etc.⁵⁰. También centros privados y pertenecientes a la Iglesia católica se han sumado a esta tendencia, por ejemplo, el Colegio de San Estanislao de Kostka (Málaga)⁵¹, el seminario de Ciutadella (Menorca) o el Colegio de la Inmaculada de Alicante. Este último, como en otros muchos casos, celebró su aniversario con una exposición en la que incluyó abundante material científico⁵². En algunas pocas ocasiones, como el Instituto de Lorca, gracias a la labor conjunta de equipos de profesores,

⁴⁵ VIDAL DE LABRA, J. (coord.): *Conservación, actualización y divulgación del patrimonio histórico-científico-social del Instituto Alfonso X el Sabio de Murcia*, Murcia, Consejería de Educación y Cultura, 2002; PATRIMONIO... *histórico-científico-social del Instituto Alfonso X el Sabio*, Murcia, 2002.

⁴⁶ GARCÍA HOURCADE, J. L.: «El Gabinete de Física en el Instituto de Segovia en el siglo XIX», en *Estudios sobre Historia de la Ciencia y de la Técnica: IV Congreso de la Sociedad Española de Historia de la Ciencia y de las Técnicas*, Valladolid, Junta de Castilla y León, 1988, pp. 505-517.

⁴⁷ Dispone de una excelente biblioteca, un gabinete de más de un centenar de instrumentos de física y química y una buena colección de historia natural. También se conserva un excelente archivo. V. <http://arxiuramis.blogspot.com/>. También el Seminario Conciliar de Ciutadella ha realizado una importante labor en este sentido. Cf. VIDAL HERNÁNDEZ, J. M. y CARRERAS SEGÚ, P.: *El gabinete de física del Seminari Conciliar de Menorca*, Maó, Institut Menorquí d'Estudis, 2010.

⁴⁸ Algunos instrumentos están descritos en los trabajos de VÁZQUEZ ALONSO, A.: «Arqueología científica en el Instituto Balear», *Revista de Ciència* (1992-1993), pp. 11-13; 9-18; 67-80; 65-72.

⁴⁹ Una guía excelente ha sido publicada por PASCUAL, C.: *Patrimoni científic d'Alcoi. Col·lecció d'instruments i aparells del Museu Pare Vitòria. 75 anys d'ensenyament de les ciències*, Alcoi, Institut, 2007.

⁵⁰ El volumen de la revista *Participación Educativa*, op. cit. (4) recoge una lista más extensa de ejemplos, con breve descripción de su historia y estado actual. Véase también la página de la Comissió d'Instruments Científics de la Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, donde se ofrecen informes, experiencias y una extensa bibliografía que se actualiza constantemente: <http://www.instrumentscientifics.com>.

⁵¹ NARVÁEZ BUENO, M.: *De Raíz a Corazón. Los gabinetes y los aparatos del Colegio de San Estanislao de Kostka*, Málaga, El Palo, 2008, ha realizado un excelente libro. También existe una colección importante en el Colegio de San José de Valencia, dirigido por jesuitas, que merecería estar mejor catalogada. Cf. MARTI, E.: *Jesuitas y pedagogía. El Colegio de San José en la Valencia de los años veinte*, Madrid, UPCO, 1997. Otro centro dirigido por jesuitas que cuenta con una buena colección es el Colegio de la Inmaculada Concepción de Gijón. Cf. <http://inmaculada.pedagogiainteractiva.com/castellano/colegio/imagenes/historia/>.

⁵² Parte de la colección se puede ver en <http://www.colegio-inmaculada.org/>.

historiadores e investigadores de didáctica de las ciencias, se han producido catálogos y guías con sugerencias para el aprovechamiento de los aparatos antiguos en la renovación de la enseñanza actual⁵³. Lamentablemente son todavía más raros los casos en los que las colecciones se han transformado en museos, con todo el grado de protección necesaria, bajo el cuidado de las manos expertas de personal especializado y con un mínimo presupuesto para gestionar la colección y la restauración de las piezas⁵⁴.

También son pocos y muy recientes los intentos de coordinar los proyectos existentes. En Galicia, después de hacer el inventario de diferentes centros como el instituto Xelmírez, el más antiguo de Santiago, Rafael Sisto ha completado una tesis doctoral sobre la enseñanza de la física y química en los centros gallegos, con mucha información con respecto al proceso de formación de las colecciones y su situación actual⁵⁵. El Servicio de Patrimonio Histórico de la Diputación Foral de Vizcaya desarrolló hace algunos años un proyecto de catalogación de instrumentos de diferentes instituciones educativas, incluyendo algunos interesantes aparatos que se encuentran en manos privadas. El grupo «Espiral» dirigió un equipo multidisciplinar de científicos, profesores, historiadores, informáticos y diseñadores que preparó una exposición, abierta al público en 2003, y redactó un espectacular catálogo impreso y un CD-ROM con abundante información histórica y gráfica alrededor de las colecciones⁵⁶. Otro trabajo muy interesante en este sentido es el catálogo colectivo de las colecciones de los institutos andaluces. Se han catalogado más de mil setecientos instrumentos de dieciséis centros de enseñanza, en su mayoría, institutos históricos creados durante la segunda mitad del siglo XIX o los inicios del siglo XX. El trabajo abordó inicialmente las colecciones de historia natural para tratar a continuación las colecciones de física y química. En algunos casos, se han realizado publicaciones sobre las colecciones de sus institutos, así como actividades pedagógicas con sus alumnos y, cuando se ha contado con apoyos suficientes, se han creado pequeños museos dentro de los institutos⁵⁷. Más recientemente, el proyecto

⁵³ DELGADO MARTÍNEZ, M. A. et al.: «La recuperación del material científico de los gabinetes y laboratorios de Física y Química de los institutos y su aplicación a la práctica docente en Secundaria», en URBIETA, E. et al. (eds.): *XXI Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, País Vasco, UPV, 2004, pp. 361-380; DELGADO MARTÍNEZ, M. A. et al.: *El gabinete de Física del Instituto de Lorca (1864-1883): Guía didáctica*, Murcia, Región de Murcia, 2010. Una discusión reciente sobre esta cuestión en BERNAL MARTÍNEZ, J. M. et al.: «El patrimonio histórico-científico como recurso didáctico: de la ciencia en el laboratorio a las ciencias para la vida», en BERRUEZO, M. R. y CONEJERO, S. (eds.): *El largo camino hacia una educación inclusiva: la educación especial y social del siglo XIX a nuestros días*, Pamplona, Universidad Pública de Navarra, 2009, pp. 605-614.

⁵⁴ El Instituto «Cabrera Pinto» de La Laguna (Tenerife) cuenta con un museo expuesto en las salas científicas que puede consultarse a través de la excelente página <http://www.museocabrerpinto.com/>. Ha sido uno de los centros que ha impulsado la creación de una red de institutos históricos.

⁵⁵ SISTO EDREIRA, R.; FRAGA VÁZQUEZ, X. y BUGALLO RODRÍGUEZ, A.: «El estudio y la recuperación del patrimonio histórico-científico en Galicia», *Métode* (2000), pp. 50-51, recoge una bibliografía. Mas información en la tesis doctoral SISTO EDREIRA, R.: *A disciplina de Física e química na educación secundaria do século XIX*, Santiago de Compostela, Universidad, Tese de doutoramento, 2007.

⁵⁶ ESPIRAL (eds.): *OCNI – Objetos Científicos no Imaginados. Fisikaren irakaskuntzarako tresnak Bizkaitan*, Bilbao, Ezke, 2003.

⁵⁷ GARCÍA DEL REAL, M.: «Un gran patrimonio al descubierto: Los materiales científicos utilizados para la enseñanza en los institutos andaluces», *Andalucía Educativa*, 25 (2001), pp. 18-20 y GARCÍA DEL REAL, M.: «El patrimonio científico de los institutos andaluces. Los laboratorios de Física y Química», *Azimut*, 7 (2002).

CEIMES de la comunidad de Madrid ha coordinado el inventario de numerosos institutos históricos y la digitalización de parte de sus bibliotecas, propiciando la colaboración entre investigadores de historia de la ciencia del CSIC, historiadores de la educación y profesores de secundaria⁵⁸. La creación de una red de institutos históricos también ha sido un hito importante de los últimos años que ha permitido la realización de congresos, jornadas y publicaciones conjuntas, favoreciendo así el intercambio de experiencias y la reivindicación del valor de las colecciones frente a los poderes públicos⁵⁹. Además de estos trabajos colectivos, en los últimos años ha continuado la realización de numerosos inventarios y la publicación de interesantes estudios particulares⁶⁰.

Como en otros casos, nuestro trabajo se inició con una celebración: el quinto centenario de la Universidad de Valencia. En ese momento, tuvimos la suerte de poder colaborar con profesores de educación secundaria de Alicante y Castellón que llevaban ya muchos años trabajando en la conservación de su patrimonio científico. Gracias a esta labor, el instituto «Jorge Juan» de Alicante conserva en muy buen estado una importante colección que incluye instrumentos de física y química, modelos de agronomía y diferentes objetos de historia natural, incluyendo una extraordinaria colección paleontológica⁶¹. El instituto «Francesc Ribalta» de Castellón posee actualmente una sala-museo con vitrinas que contienen muchos de los instrumentos que han sobrevivido, lo que permite organizar visitas pedagógicas para los alumnos del centro⁶². Los dos institutos participaron en la exposición «Abriendo las cajas negras» junto con el otro instituto más antiguo del País Valenciano: el centro «Lluís Vives» de Valencia. Esta colección es la que se encontraba en peor estado, pero la mencionada celebración sirvió para iniciar un primer inventario y un estudio histórico posterior⁶³. En los últimos años, hemos colaborado con el grupo de trabajo de la Comissió d'Instrumentes Científics (COMIC) para preparar una base de datos colectivos de los tres institutos que nos ha permitido obtener datos estadísticos relevantes, los cuales nos permiten comparar sus características generales con el proceso de formación de las colecciones que hemos descrito al apartado anterior.

Las características generales de estas colecciones confirman algunos de los rasgos señalados en el estudio de los inventarios impresos y los manuscritos disponibles.

⁵⁸ Para más información sobre este proyecto, *Ciencia y educación en los institutos madrileños de enseñanza secundaria a través de su patrimonio cultural (1837-1936)*, v. <http://www.ceimes.es/> y las últimas publicaciones de MARTÍNEZ ALFARO, E.: *op. cit.* (42) y RODRÍGUEZ GUERRERO, C.: *El instituto del Cardenal Cisneros de Madrid (1845-1877)*, Madrid, CSIC, 2009.

⁵⁹ Las terceras jornadas fueron organizadas por el instituto Brianda de Mendoza (Guadalajara) en julio de 2009. El volumen de la revista *Participación Educativa*, *op. cit.* (4) recoge una descripción de este proyecto y varios centros.

⁶⁰ Uno de los objetivos de nuestro proyecto COMIC es la construcción de una lista actualizada de proyectos en <http://www.instrumentscientifics.com>.

⁶¹ GARCÍA MOLINA, R. y VILLADA LOBETE, L. A.: «Un gabinet de física a cavall entre dos segles: els instruments antics de física de l'Institut "Jorge Juan" d'Alacant», *Quaderns de Migjorn*, 1 (2002), pp. 1-29.

⁶² APARICI SOS, J. et al.: «La col·lecció d'instruments científics de l'I.E.S. "Fco. Ribalta" de Castelló», en BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R. y GARCÍA BELMAR, A. (eds.): *Obrint les Caxes Negres: Instruments científics de la Universitat de València*, Valencia, Universitat de València, 2002, pp. 185-194.

⁶³ SIMON CASTEL, J.: *Els instruments científics de l'IES «Lluís Vives»*. *Primers resultats d'un catàleg de la cultura material de la ciència*, Treball d'investigació doctoral, Universitat de València, 2002.

El área de la física mejor representada en estas colecciones es el electromagnetismo (20-30%), seguido por la mecánica de sólidos y de fluidos (10-15%), la óptica (ca. 10%) y el calor (ca. 10%). El estudio del sonido está muy poco representado en las tres colecciones, así como también lo estaba en el catálogo modelo español de 1847, lo que contrasta con las recomendaciones contemporáneas para las escuelas francesas de 1842. No obstante, la desaparición de instrumentos ha sido tan importante que resulta de poca utilidad sacar conclusiones estadísticas sin tener en cuenta otras fuentes como las ya comentadas. Hay que tener en cuenta que el número de instrumentos conservados en la actualidad en los tres institutos es similar al conseguido ya en la década de 1860 por el más grande de ellos, el de Valencia. El grado de conservación ha variado enormemente de un centro a otro. Aunque sabemos que sus gabinetes de física eran mucho más importantes, los institutos de Alicante y Valencia sólo han conservado alrededor de 240 y 300 instrumentos, respectivamente, mientras que la colección de Castellón, que pertenece a un instituto que contó con menos recursos inicialmente, sobrepasa ampliamente estas cifras, con una colección de unos 400 instrumentos de física. Los objetos de química, por la fragilidad de sus materiales y su amplio uso, raramente se conservan, hasta el punto de que han prácticamente desaparecido del instituto de Alicante. No obstante, en Castellón y Valencia se conservan entre 100 y 300 objetos de química de vidrio y cerámica⁶⁴.

Estas cifras apuntan la complejidad de factores que han contribuido a la conservación o a la destrucción de las colecciones: la importancia de cada una de las especialidades de la física en la pedagogía decimonónica; el uso prolongado e intenso a que fueron sometidos ciertos instrumentos (poniendo así en peligro su conservación); la relativa importancia de las demostraciones experimentales en cada área (algunos temas requerían más instrumentos que otros); los precios de los instrumentos, los presupuestos escolares y la disponibilidad de instrumentos en cada período; las dimensiones, los materiales y la fragilidad de los instrumentos (un aspecto fundamental en el caso de la química, como hemos señalado); y, finalmente, el valor cultural y estético atribuido a las piezas a lo largo de los años en que dejaron de ser herramienta pedagógica para convertirse en parte del patrimonio del centro.

Conclusiones

Este artículo de revisión muestra las características generales de las colecciones de instrumentos de física y química que existen todavía en los institutos españoles. En su gran mayoría, las colecciones se iniciaron a mediados del siglo XIX y fueron enriqueciéndose durante las décadas siguientes. Hemos visto que las iniciativas de Gil de Zárate fueron decisivas para dotar a los centros de los equipos necesarios para el modelo de enseñanza de las ciencias basado en la lección teórica y en la demostración experimental. También fue muy importante el decidido

⁶⁴ La base de datos está integrada en el proyecto COMIC y puede consultarse en <http://www.instrumentscientifics.com>. Hemos publicado un análisis comparado de los resultados en BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R. *et al.*: *op. cit.* (18).

apoyo que los centros prestaron al mantenimiento y la renovación de las colecciones, así como la labor de los profesores que contribuyeron a ampliar, renovar y organizar las colecciones, en algunos casos mediante donaciones o a través de diseños de su propia invención, tal y como ocurrió en algunos de los ejemplos antes mencionados. Todo ello permitió la consolidación de un modelo de enseñanza asociado con la nueva disciplina escolar «física y química» que aparece reflejado en los principales manuales empleados en esa época que se han mencionado. En este contexto hay que entender la constitución de las colecciones de instrumentos científicos.

Las colecciones fueron ampliándose durante la segunda mitad del siglo XIX con la adquisición de nuevos instrumentos didácticos y la creación de la red de estaciones meteorológicas. Los objetos que se han conservado también indican otras actividades realizadas por los profesores, más cercanas a la investigación o al peritaje científico o industrial. Las cambiantes fuentes de financiación y la población estudiantil también condicionaron la capacidad de los centros para renovar y mantener las colecciones en las décadas siguientes. En cualquier caso, muchos centros consiguieron continuar la adquisición de instrumentos procedentes de algunos de los más famosos fabricantes franceses, alemanes y, en menor medida, ingleses, así como de una industria local que merecería un estudio más detallado. Todas estas características explican la calidad y el interés de las colecciones actualmente existentes.

Con el paso del tiempo, los instrumentos se convirtieron no sólo en herramientas pedagógicas indispensables, sino también en piezas patrimoniales de los centros que eran exhibidas con orgullo en los actos académicos o en las visitas de las autoridades políticas. Otra prueba que demuestra el valor otorgado es el hecho de que aparezcan frecuentemente en las fotografías de profesores de instituto de principios del siglo XX que se han conservado. Poco a poco el valor patrimonial reemplazó al pedagógico y, con la llegada de nuevos modelos de enseñanza de las ciencias, los instrumentos que se salvaron de la destrucción quedaron en sótanos o armarios hasta que fueron recuperados para servir a nuevos propósitos. Su conservación ha sido posible gracias al esfuerzo de colectivos de profesores de los centros, con la colaboración ocasional de un grupo muy heterogéneo de expertos (historiadores, conservadores de museos, investigadores en didáctica, coleccionistas, etc.) y, lamentablemente, sin prácticamente ningún tipo de apoyo por parte de los diversos gobiernos locales, regionales o estatales. Salvo excepciones, el apoyo institucional a estas colecciones se ha limitado a períodos muy concretos, generalmente asociados con celebraciones y aniversarios, sin definir líneas políticas duraderas para la conservación del patrimonio científico escolar. A pesar de todo, en las últimas décadas han florecido un gran número de iniciativas personales y colectivas destinadas a la recuperación de este patrimonio.

Desde nuestro punto de vista, el principal problema actualmente es la falta de coordinación que conduce, muchas veces, a una inútil repetición de trabajos de inventariado, estudio y catalogación. Al carácter efímero y marcadamente local de los trabajos se une la diversidad de formaciones e intereses de las personas implicadas en estos proyectos: profesores de ciencias, licenciados en historia, científicos de diferentes disciplinas, historiadores de la ciencia y de la educación, museólogos, pedagogos, etc. Esta pluralidad podría ser una oportunidad para analizar conjuntamente el gran número de facetas que presentan los instrumentos científicos: fuentes materiales para renovar los estudios de historia de la ciencia o de historia

de la educación, piezas de museo que permiten valorizar el patrimonio científico local o herramientas didácticas para la enseñanza y la divulgación de la ciencia. Sin embargo, reforzadas por la desidia y la vanidad, las fronteras académicas hacen muy complicada esta prometedora colaboración y los proyectos se pierden dispersos en iniciativas y publicaciones locales de difícil acceso, sin que exista el necesario intercambio de experiencias para llegar a análisis comparados y elaborar propuestas de acción globales mucho más efectivas.

Hemos visto anteriormente que, en los últimos años, han surgido varios proyectos colectivos para superar estos problemas, tales como COMIC, la red de institutos históricos, o el proyecto CEIMES de la Comunidad de Madrid. La Comissió d'Instruments Científics (COMIC) de la Societat Catalana d'Història de la Ciència pretende crear herramientas que permitan establecer redes de trabajo y reclamar colectivamente la creación de políticas efectivas de conservación del patrimonio científico. Para conseguir estos objetivos, desde COMIC trabajamos en diferentes líneas de acción: la elaboración de un catálogo exhaustivo de los proyectos de investigación y conservación de las colecciones de instrumentos científicos; el asesoramiento a nuevos proyectos de catalogación en marcha; la creación de herramientas informáticas para establecer un catálogo colectivo del patrimonio científico, con una ficha catalográfica común, etc. Asimismo, propiciamos estudios sobre instrumentos o colecciones particulares, organizamos jornadas de estudio y favorecemos el uso de los instrumentos en las exposiciones o su transformación en fuente de inspiración para la didáctica de las ciencias. La formación de equipos multidisciplinares y los contactos con las otras iniciativas realizadas en otros países son también objetivos fundamentales del proyecto.

Nuestro proyecto persigue también objetivos relacionados con las líneas de investigación sobre historia de la enseñanza de las ciencias que hemos apuntado al principio del artículo. Pretendemos apoyar la conservación y la revalorización de las fuentes disponibles para entender el significado de estas colecciones en su contexto pedagógico y científico. Nos referimos a la rica documentación de los archivos en los institutos de secundaria, las memorias de estos centros, publicadas y manuscritas, los cuadernos y los trabajos de prácticas de estudiantes, los expedientes y las publicaciones de los profesores, los libros de texto empleados en las aulas o los catálogos y los manuales de fabricantes que, muchas veces, se encuentran almacenados junto a los instrumentos. Con la información de estos documentos, los instrumentos científicos todavía existentes podrán transformarse en fuentes materiales e integrarse en narraciones históricas como las que hemos tratado de reconstruir en este trabajo.