

ABRIENDO LAS CAJAS NEGRAS

Los instrumentos científicos de la Universitat de València

*José R. Bertomeu Sánchez
(Instituto de Historia de la Ciencia
y Documentación "López Piñero"
(Universitat de València-CSIC)*

*Antonio García Belmar
(Departamento de Salud Pública,
Universitat d'Alacant)*

1.- Instrumentos científicos y el patrimonio histórico de la ciencia.

Los instrumentos científicos constituyen uno de los elementos más importantes de la cultura material de la ciencia. Con el fin de almacenar, restaurar y exponer estos objetos, se han creado a lo largo de este siglo un gran número de museos que han permitido la constitución de grandes colecciones de piezas de muy distinto origen, dando lugar, en ocasiones, a la aparición de centros de investigación en historia de la ciencia. Entre ellos figuran el *Science Museum* de Londres, el *Museum of the History of Science* de Oxford, el *Deutsches Museum* de Munich, el *Conservatoire des Arts et Métiers* de París y el *Museo di Storia della Scienza* de Florencia. Desde la Segunda Guerra Mundial diversas comisiones nacionales e internacionales han impulsado la creación de catálogos de instrumentos para permitir la elaboración de estudios comparados y la reconstrucción de colecciones. En 1958, la Unión Internacional de Historia de las Ciencias respaldó la iniciativa del director del *Palais de la Découverte* de París para realizar un inventario internacional de instrumentos científicos y constituyó una comisión internacional a tal efecto. Como fruto de estos esfuerzos se publicó, entre 1958 y 1964, diversos catálogos colectivos de instrumentos de Bélgica, Italia y Francia. El inventario belga, por ejemplo, uno de los primeros que aparecieron, contenía alrededor de 300 fichas con descripciones de instrumentos construidos entre los

siglos XVI y XVIII en su mayor parte. El inventario francés, más reducido, incluía unas 125 fichas de instrumentos y breves descripciones de las colecciones pertenecientes a científicos tan importantes como el abate Nollet, Sigaud de Lafond, Antoine Lavoisier, Claude Pouillet o Louis Pasteur.

Los estudios históricos acerca de los instrumentos científicos han experimentado también un fuerte impulso, gracias a la labor de autores como Maurice Daumas (1953) (1955) que abrieron nuevas líneas de investigación a mediados del siglo XX (Turner, 2001). En las últimas décadas, los historiadores de la ciencia han renovado su interés por estas fuentes materiales, analizándolas desde nuevas perspectivas. Los instrumentos científicos constituyen actualmente una especialidad bastante bien definida de la historia de la ciencia, contando con bibliografías especializadas (Turner, 1997), enciclopedias (Bud, 1998), congresos especializados (Bud, 1992; Holmes, 2000) y numerosas monografías y estudios colectivos (Turner, 1993; Hankins, 1994) que permiten conocer las variadas tendencias predominantes en esta área. La *Scientific Instrument Commission* de la *International Union of the History and Philosophy of Science* publica una extensa bibliografía sobre este tema en su página web (http://www.sic.iuhps.org/in_bibli.htm).

Esta reciente historiografía ha contribuido a poner en cuestión diversas imágenes asociadas a los instrumentos científicos que han sido - y que todavía continúan siendo- transmitidas en los museos de la ciencia. Estas imágenes condicionan la selección de instrumentos científicos que se consideran valiosos y, por lo tanto, merecedores de ser inventariados, restaurados o expuestos en museos. Tal y como ha señalado Jim Bennet (1997), hoy resulta evidente que tanto la recuperación como la exposición de instrumentos científicos son actividades que están condicionadas por los objetivos finales perseguidos. Estos objetivos han cambiado a lo largo del tiempo. A finales del siglo XIX, la comisión encargada de crear en Londres una *Loan Collection of Scientific Apparatus*, que fue el origen del actual *Science Museum*, indicaba su propósito de recoger tanto los instrumentos empleados en la docencia como en la investigación, con especial atención a todos aquellos relacionados con personajes o con investigaciones de interés histórico. Casi un siglo después, Henri Michel describía del siguiente modo las características del proyecto diseñado por la *Commission pour l'Inventaire Mondial des Appareils Scientifiques* que, como hemos señalado, fue creada en los años cincuenta dentro de la Unión Internacional de Historia y Filosofía de las Ciencias:

"No se trata de catalogar todos los objetos científicos que tienen un valor arqueológico, artístico o histórico. El inventario mundial debe permitir encontrar, si todavía existen, los principales hitos de la historia de las ciencias, entendiendo como tales todos aquellos instrumentos que sirvieron a los científicos [savants], o que marcaron un momento de progreso en la evolución de las ciencias"

De acuerdo con estas ideas, los autores del inventario nacional francés emitieron críticas sobre los otros inventarios nacionales realizados en esos años por desviarse de esta regla. Los autores franceses recordaban que sólo debían inventariarse instrumentos que "hubieran marcado una etapa importante en la

historia de la ciencia”, bien porque pertenecieron al laboratorio de “un gran científico” (savant) o bien porque fueron “concebidos y empleados en un experimento histórico”. En otras palabras, de acuerdo con este punto de vista, sólo los instrumentos relacionados con importantes científicos o con grandes descubrimientos merecían ser catalogados y conservados. Tales ideas se han ido modificando con los cambios ocurridos en las tendencias historiográficas predominantes. La historia de las grandes figuras - o la historia “a lo Carlyle” como la denominaba Aldo Mieli (1944) - ha dado paso a una historia social y cultural que ha ampliado su campo de estudio, tanto desde el punto de vista de los personajes como de las fuentes y las aproximaciones empleadas. Un ejemplo del impacto de estas nuevas tendencias en la catalogación de instrumentos científicos es el recientemente publicado inventario de instrumentos de Irlanda. El objetivo de sus autores ha sido la recopilación de instrumentos empleados tanto en la investigación como en la enseñanza de la ciencia así como otros utilizados en ingeniería o, incluso, en el ámbito doméstico con fines recreativos (Mollan, 1995).

2.- ¿Qué es un instrumento científico? ¿Qué se debe conservar?

Resulta evidente que uno de los primeros problemas con los que debe enfrentarse toda catalogación es la propia definición del objeto estudiado. Como señala Debora J. Warner (1990), conservadora de la colección del *National Museum of American History*, definir lo que debe entenderse por "instrumento científico" no es una tarea fácil. Tal denominación sólo llegó a ser ampliamente utilizada durante el siglo XIX, al mismo tiempo que autores como William Whewell comenzaron a emplear la palabra "científico" para designar a todos aquéllos que consagraban su vida a la ciencia. En los siglos XVII y XVIII, los constructores de instrumentos solían diferenciar entre instrumentos matemáticos, ópticos y filosóficos, expresiones que sólo parcialmente hacen referencia a la noción moderna de instrumento científico. Todavía estas expresiones estaban en uso en el siglo XIX. En 1884, la *American National Academy of Sciences* afirmaba lo siguiente:

"un instrumento es filosófico, no como consecuencia de su especial construcción o función, sino en consecuencia de sus usos para los cuales se emplea, y muchos instrumentos pueden ser empleados tanto con fines filosóficos como con fines puramente industriales y comerciales"

Tal y como sugiere esta definición, un instrumento científico puede adquirir esta condición por su uso, no porque haya sido específicamente concebido para la investigación científica. En 1876, James Clerk Maxwell definía los instrumentos científicos ("scientific apparatus") como "cualquier objeto necesario para realizar un experimento". Según Maxwell, un instrumento científico puede ser empleado para cuestiones tan diferentes como la producción de un fenómeno particular, la eliminación de los efectos de agentes externos al proceso estudiado, la regulación de las condiciones físicas de un fenómeno o la medición de una magnitud (Maxwell, 1876). De acuerdo con estos diferentes usos de los instrumentos, suele diferenciarse entre instrumentos pasivos, destinados a la observación y a la medición, e instrumentos activos, cuyo propósito es la creación de nuevos fenómenos en el laboratorio (Hackmann, 1989). En la colección de instrumentos de la Universidad de Valencia existen ejemplos tanto de los primeros (termómetros, galvanómetros, colorímetros, balanzas) como de los segundos (tubos de rayos catódicos, electroimanes). Un ejemplo de estos últimos son los resonadores de Helmholtz, conjunto de diez esferas metálicas diseñados originalmente por Hermann von Helmholtz (1821-1894) para apoyar su teoría física sobre las notas musicales que defendió a mediados del siglo XIX.

También pueden diferenciarse diversos tipos de instrumentos en función de los públicos a los que van dirigidos. Estos públicos pueden ser otros científicos, de una misma disciplina o de otras, o grupos externos a la comunidad científica, desde los estudiantes de cursos científicos, los destinatarios de las obras de divulgación científica o los industriales interesados en sus aplicaciones tecnológicas. Se puede, de este modo, diferenciar entre instrumentos destinados a la investigación, a la docencia o a usos industriales. En realidad, un mismo instrumento puede pasar de un contexto a otro sirviendo de este modo como mediadores - "mediating machines" según la expresión de Norton Wise (1988) - entre diversas disciplinas científicas o diferentes marcos en los que se desarrolla la ciencia. Tal ha sido el caso de los

resonadores de Helmholtz antes citados, que han pasado de los laboratorios de acústica al mundo de la industria del sonido como aislantes acústicos o como materiales para la fabricación de micrófonos de los que se pretende eliminar ciertas frecuencias sonoras. Del mismo modo, el polarímetro, del que existen varios tipos en la colección de la Universidad de Valencia, ha sido un instrumento empleado tanto en la investigación como para el control de calidad industrial del azúcar, por lo que una de sus variantes ha sido conocido como "sacarímetro".

Teniendo en cuenta estas ambigüedades y cambios de significado asociadas a la propia noción de instrumento científico, el proyecto de catalogación de instrumentos de la Universidad de Valencia ha abarcado un amplio conjunto de objetos, tanto aquéllos inicialmente destinados a la investigación como a la industria, y, dado el carácter universitario de la colección, se ha prestado una especial atención a los instrumentos empleados en la enseñanza. El punto de partida de la catalogación ha sido la experiencia acumulada por el *Museo Histórico-Médico* donde, desde varias décadas atrás, se ha venido recogiendo y exponiendo una gran cantidad de instrumentos médicos. También se han almacenado en sus depósitos diversos instrumentos científicos procedentes de las facultades de ciencias. Algunos figuran en la actualidad en la exposición del museo y se emplean habitualmente en las clases de historia de la ciencia. Esta colección fue enriquecida en 1996 con la catalogación de un buen número de instrumentos de la Facultad de Química de la Universidad de Valencia, parte de los cuales fueron trasladados a los depósitos o pasaron a formar parte de la exposición del Museo. El proyecto *Thesaurus*, dirigido por el profesor Daniel Benito Goerlich, cuyo objetivo es catalogar el patrimonio histórico de la Universidad de Valencia, ha abierto nuevas posibilidades para abordar el proyecto en toda su plenitud y con algunos de los medios mínimos necesarios. Gracias a este proyecto, hemos podido realizar en los últimos dos años, una recuperación sistemática de piezas que se encontraban dispersas en un gran número de laboratorios, sótanos, despachos o, incluso, pasillos y que estaban - y, en algunos casos, todavía están- en grave peligro de desaparición. Para la realización del inventario hemos contado con el apoyo y los consejos de numerosos profesores así como de técnicos de los laboratorios en los que se encontraban estos objetos. Muchos de los objetos catalogados sólo se han podido conservar y salvar de una destrucción segura gracias al trabajo de todos estos colaboradores que, en muchos casos, han ayudado también a identificar muchos de los instrumentos.

El diseño de la ficha de inventario ha tenido en cuenta los requisitos de compatibilidad, coherencia y consistencia necesarios para una eventual incorporación de los registros de la colección de la Universidad de Valencia en las bases de datos internacionales de instrumentos científicos. Diversas instituciones y museos de historia de la ciencia están impulsando en la actualidad este proyecto con el objetivo común de crear sistemas de recuperación y valorización del patrimonio histórico-científico europeo. Nuestro objetivo, a corto plazo, es la integración de la base de datos de instrumentos de la Universidad de Valencia en el *Online Register of Scientific Instruments* (ORSI). Se trata de una base de datos internacional de instrumentos científicos de valor histórico que ha sido creada y es mantenida en la actualidad por el Museo de Historia de la Ciencia de Oxford en colaboración con la *Scientific Instrument Commission* de la *International Union of the History and Philosophy of Science*. Su objetivo es ofrecer un registro de instrumentos científicos de todo el mundo que pueda ser consultado fácilmente a través de

Internet (<http://www.isin.org>).

3.- La constitución de una colección de instrumentos científicos de la Universidad de Valencia.

El inventario de instrumentos ha estado centrado en cuatro grandes colecciones pertenecientes a la Facultad de Física, la Facultad de Química, la Escuela Universitaria de Magisterio y el Observatorio Astronómico de la Universidad de Valencia. Tanto la situación como las características generales de cada grupo de instrumentos varían notablemente, por lo que presentaremos por separado sus rasgos generales, antes de realizar una valoración de los diferentes grupos de objetos localizados.

El fondo más numeroso se encuentra en la Facultad de Ciencias Físicas, donde se han revisado instrumentos de los departamentos de Física Aplicada, Termodinámica, Óptica y Física Atómica, Molecular y Nuclear, además del Laboratorio de Física General “Fernando Senent”, dependiente del decanato de la Facultad. El inventario asciende a más de seiscientos que están dispersos por diversas dependencias adscritas a los departamentos respectivos. Muchos de ellos están en locales poco adecuados, que ponen en serio riesgo su conservación. Por ello, merece destacarse la iniciativa del decanato en el Laboratorio de Física General “Fernando Senent”, donde se han habilitado unas vitrinas cerradas para custodiarlos, una disposición que se adoptó a la vista de los resultados de este inventario en dicho Laboratorio.

Respecto a la Facultad de Ciencias Químicas, se han inventariado, etiquetado y descrito algo más de doscientos instrumentos. Entre ellos, más de sesenta se encuentran depositados en el Museo Historicomédico del Departamento de Historia de la Ciencia y Documentación, bien en sus almacenes o bien formando parte de la exposición. Actualmente, parte de estos instrumentos forman parte de una exposición centrada en la historia de la química que se emplea en las clases impartidas por el departamento. La mayoría de estos instrumentos proceden de los departamentos de Química-Física y de Química Inorgánica de la Facultad de Ciencias Químicas. El resto de los objetos, se encuentran dispersos en distintos laboratorios, almacenes, despachos y pasillos de la Facultad de Ciencias Químicas.

Por suerte, las colecciones de la Escuela de Magisterio y del Observatorio Astronómico se encuentran en locales que permiten asegurar mejor su conservación. Los instrumentos científicos de la Escuela de Magisterio se encuentran en su Laboratorio de Física e incluso existe un breve inventario previo de más de doscientas piezas, elaborado por el profesor Luis Miralles Conesa, dentro del que figuran numerosos objetos del primer tercio del siglo XX procedentes de la antigua Escuela Normal de Maestros. Entre ellos, merecen destacarse unos hemisferios de Magdeburgo, un higrómetro, varios barógrafos, un ebulloscopio de Malligan, distintos microscopios y la colección de pilas de Daniel. Asimismo, dado el carácter fundamentalmente didáctico de esta colección, también se conservan modelos de bombas hidráulicas, de máquinas neumáticas o de máquinas para mostrar la presión hidrostática, entre otros. Una parte importante de la colección está constituida por los llamados «equipos de prácticas» que contienen el instrumental necesario para realizar distintos experimentos o demostraciones de mecánica, electricidad, óptica, etc. Componen la última parte de la colección una serie de objetos, de la primera mitad de siglo, de difícil identificación, bien por tratarse de piezas sueltas de antiguos instrumentos, bien por encontrarse muy deteriorados o por ser de fabricación artesanal.

Aunque formada por un número mucho menor de piezas - alrededor de treinta- la colección de

instrumentos del Observatorio Astronómico constituye una de las partes más valiosas del conjunto inventariado. Antiguamente situado en la antigua Facultad de Ciencias, el observatorio se trasladó al edificio “Jerónimo Muñoz” del Campus de Burjassot en 1999. Entre los instrumentos más antiguos figura una esfera según el sistema de Copérnico, un círculo meridiano, que llegó al Observatorio en 1914, un péndulo astronómico, adquirido en 1911, un micrómetro de hilos y un sextante. Además, la colección cuenta con tres telescopios o anteojos, el más antiguo fabricado en latón y procedente probablemente de la primera mitad del siglo XIX. También se conserva un telescopio ecuatorial de la famosa fábrica de instrumentos creada por Thomas Grubb (1800-1878) y continuada por su hijo Howard Grubb (1844-1931) en Dublín. Fue adquirido en 1907 y ha ocupado la cúpula superior del edificio de la antigua Facultad de Ciencias hasta el momento. Finalmente, también ha sido inventariado un telescopio ecuatorial fabricado por el fabricante alemán Carl Zeiss (1816-1888) de Jena. Otros instrumentos de la misma casa se encuentran en la Facultades de Física y de Química, entre ellos, un refractómetro, varios microscopios y un teodolito.

Además de los ya mencionados, forman también parte de la colección del Observatorio Astronómico, dos cámaras solares, una de ellas readaptada como cámara estelar entre los años sesenta y setenta, dos teodolitos y distintos trípodes. Lamentablemente, algunas piezas que quedaron en el edificio de la antigua Facultad de Ciencias desaparecieron durante los sucesos de octubre de 1999, cuando diversas dependencias del edificio fueron ocupadas en un acto de protesta. Entre las piezas desaparecidas o deterioradas figuran diversos accesorios de los telescopios ecuatoriales Grubb y Zeiss; un espectroscopio, citado ya en un inventario de 1925, del que sólo se conserva el soporte; y, por último, un cronógrafo y un anemómetro, ambos de comienzos del siglo XX.

Tanto la colección del observatorio astronómico como la de la escuela de magisterio presentan, como hemos visto, características específicas que permiten diferenciarlas del resto. Las colecciones de las facultades de física y de química contienen, por el contrario, muchos objetos en común, por lo que describiremos, a continuación, algunas de los grandes grupos de instrumentos que se han inventariado. Los instrumentos de medida eléctrica (galvanómetros, polímetros, amperímetros, voltímetros, potenciómetros, osciloscopios, etc.) junto con el de componentes eléctricos como resistencias, reostatos, condensadores, circuitos eléctricos, etc. constituyen el grupo más numeroso de piezas. El grupo abarca una amplia franja temporal, incluyendo desde dispositivos de medida diseñados a finales del siglo XIX hasta los más actuales dotados con tecnología digital, lo que permite reconstruir perfectamente la historia de las técnicas de medida eléctrica. Aunque buena parte de este instrumental se halla en el Departamento de Física Aplicada, existen instrumentos de este tipo en casi todos los espacios inventariados, dadas sus variadas aplicaciones a la medida de propiedades físicas y químicas.

Otro grupo importante, aunque formado por mucho menor número de piezas (alrededor de noventa), son los instrumentos de análisis químico. Es un grupo mucho más heterogéneo que incluye una buena colección de pH-metros, colorímetros, cromatógrafos de gases, espectroscopios y balanzas. Estas últimas constituyen una interesante colección, especialmente las que conservan sus recipientes de madera y vidrio y, en ocasiones, los juegos de pesas. Como es lógico, estas piezas se encuentran principalmente en los departamentos de la Facultad de Químicas, donde se ha recuperado también una gran cantidad de

material de vidrio (buretas, pipetas, matraces, etc.), que todavía se encuentra en proceso de catalogación. El interés de este material reside principalmente en los procedimientos que fueron utilizados para su realización, muchas veces consistentes en métodos de trabajo del vidrio que en la actualidad han caído en desuso. También se han conservado un gran número de barómetros, algunos de ellos en urnas de madera para colgar en la pared, y termómetros.

Como es lógico en una colección universitaria, existen numerosos instrumentos o diseños experimentales dirigidos a la realización de experiencias didácticas. Además de los ya mencionados de la escuela de magisterio, existen otros dedicados relacionados con la termodinámica, tales como calorímetros o baños termostáticos. Asimismo, resultan de gran interés numerosos objetos de acústica, en particular, los ya señalados resonadores de Helmholtz y la serie de diapasones de madera del Laboratorio de Física General, que eran empleados con fines didácticos. Algunos de estos instrumentos, a igual que ocurre con la famosa máquina de Atwood, introducida a finales del siglo XVIII para mostrar las leyes de la mecánica newtoniana, han llegado a jugar un papel destacado en experiencias clásicas dentro de la educación científica, tanto en su versión escrita (problemas o ejercicios de clase), como en forma de reproducciones utilizadas en las prácticas de los laboratorios de física.

4.- Los fabricantes de instrumentos

La catalogación ha permitido también recuperar gran número de folletos, cuadernos didácticos y catálogos de instrumentos así como folletos de propaganda o instrucciones de uso de los instrumentos. Estos impresos, considerados de escaso valor bibliográfico y generalmente asociados al uso cotidiano de los instrumentos, raramente son almacenados por las bibliotecas o los archivos universitarios. Sin embargo, constituyen fuentes históricas de crucial importancia para conocer el funcionamiento de los instrumentos y los usos para los que fueron empleados, así como datos sobre sus fabricantes, unos personajes que son poco conocidos. Tal y como ha señalado Maurice Daumas (1953), el papel de estos personajes es esencial para la correcta comprensión de la historia de los instrumentos científicos:

“A partir du moment où intervient l’instrument, il faut en effet, dans la marche du progrès, faire la part du savant et celle du constructeur. Pour autant que l’instrument ait été conçu sur des données théoriques, son invention n’a été véritablement achevée que lorsqu’un ouvrier eut réussi à lui donner sa forme matérielle. L’importance du travail manuel dans cette création ne saurait être sous-estimée”

Aunque en los primeros momentos, los constructores fueron artesanos dedicados a producir objetos de vidrio o de metal, no necesariamente científico, la consolidación del comercio de instrumentos durante el siglo XVIII y, especialmente, el desarrollo de la *big science* en el siglo XX condujo a la especialización y a la aparición de importantes industrias que adquirieron prestigio en la fabricación de ciertos instrumentos. La más importante (v. tabla) entre las casas extranjeras es Leybold. Esta empresa fue establecida a mediados del siglo XIX por el comerciante alemán Ernst Leybold (1824-1907) en Köln. La empresa fue comprada en 1870 por Otto Ladendorff y Emil Schmidt, los cuales cambiaron el nombre de la empresa por "E. Leybold's Nachfolger". La empresa se especializó en instrumentos dirigidos a la enseñanza. En 1967, se fusionó con la empresa Heraeus Hochvakuum GmbH (Hanau) transformándose en Leybold-Heraeus. Otra importante empresa en cuanto a número de instrumentos es "Electro-Trüb, Täuber", de la que se conservan veinticinco instrumentos, en su mayor parte instrumentos de medida eléctrica como amperímetros o voltímetros. Esta empresa suiza colaboró en la producción de instrumentos con el departamento de química física del Instituto de Tecnología de Zürich durante los años cincuenta y sesenta. A finales de 1964, la empresa se vio obligada a vender la primera de estas secciones a Balzers (Lichtenstein), mientras que la segunda, especializada en RMN y que contaba con una docena de empleados, se estableció de modo independiente bajo el nombre de Spectrospin AG, más adelante conocida como Bruker AG y Bruker BioSpin AG. Años después, otra parte de la compañía fue comprada por Zellweger AG.

Además de los ya mencionados (Grubb, Zeiss), otro ejemplo de una conocida casa de instrumentos es la firma Sartorius fundada en 1870 en Göttingen por Florenz Sartorius (1846-1925) y especializada en la fabricación de balanzas, de las que existen varios ejemplares en la colección. También existen instrumentos de la casa fundada a mediados del siglo XIX por el alemán Ernst Leitz (1843-1920). Su empresa fue continuada por su hijo Ernst (1871-1956) que realizó innovaciones en las técnicas

microscópicas y, además, amplió la producción de la empresa con la introducción de nuevas cámaras fotográficas que alcanzaron una gran popularidad. Esta empresa, inicialmente establecida en Wetzlar (Alemania), se expandió a otros países, convirtiéndose en una importante multinacional de instrumentos ópticos. En la colección existen varios microscopios de este fabricante.

FABRICANTES	NUMERO DE INSTRUMENTOS
Enosa	72
Leybold	68
Electro-Trüb.Täuber	25
Radiometer	24
Instituto Torres Quevedo	22
W. G. Pye & Co. Ltd	16
Philips	15
Hewlett Packard	14
Beckman	13
Leitz	12
Cobos	11
Selecta	11
Pye	10
Max Kohl	9
Sartorius	9
Zeiss	9
Afora	7
Brand	7
Phywe	7
Carpentier	6
Radiometrico	6
Bausch & Lomb	5
Heron	5
Metrohm	5
Mettler	5
Ruhstrat	5
Sangamo Weston Ltd	5
Schmidt & Haensch	5
WPA Scientific Instr	5
Yokogawa Electric Wo	5
«Sumpros»	5

Fabricantes con un sólo instrumento (183)	183
Fabricantes con dos instrumentos (51)	102
Fabricantes con cuatro instrumentos (11)	44
Fabricantes con tres instrumentos (26)	78
Sin datos	322
Total	1152

Los dos principales fabricantes españoles representados en la colección de la Universidad de Valencia son la Empresa Nacional de Óptica (ENOSA), y el instituto Torres Quevedo, fundado en 1939 por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. En las décadas anteriores, el ingeniero e inventor español Torres Quevedo (1852-1936) había colaborado activamente con el Instituto de Material Científico que el Ministerio de Instrucción Pública creó en 1911, con el objetivo de centralizar y ordenar la compra de material científico para las universidades y demás centros de enseñanza. Tras la guerra civil, el Instituto Torres Quevedo asumió parte de las funciones de este centro, aunque como ha mostrado Ana Romero, la política que siguió fue muy diferente: los centros educativos perdieron capacidad para gestionar sus materiales mientras que la autarquía y la penosa situación económica generada tras la guerra supuso la interrupción de la importación de material científico, con graves consecuencias en las posibilidades de enseñanza de las ciencias. Además, mientras que el Instituto de Material Científico fue dirigido por destacadas personalidades científicas españolas, de la talla de Santiago Ramón y Cajal, José Rodríguez Carracido, Blas Cabrera o Leonardo Torres Quevedo, tras la guerra, el nuevo instituto Torres Quevedo estuvo bajo la dirección, en buena medida, de militares y religiosos.

Una orden de 1940, obligaba a todos los centros educativos españoles a solicitar al Instituto Torres Quevedo los materiales científicos necesarios para los laboratorios de Física y Química. Se conserva en el archivo de la Universidad de Valencia esta orden fechada el 2 de julio de 1940 (AUV, AG. (C306/6), donde se indicaba que :

"que todos los centros docentes dependientes de este Departamento ministerial que tengan laboratorios de Física o de Química harán sus pedidos de material científico necesarios para estos laboratorios al Instituto "Leonardo Torres Quevedo" y solamente en el caso de que este Centro no pudiera servirles el material solicitado, o no se fabricase en España, y siempre con el informe de este organismo, podrán adquirirlos en el extranjero previo los trámites legales vigentes".

También se solicitaba a los centros educativos que enviaran al Instituto "Leonardo Torres Quevedo" un inventario general del material existente en sus laboratorios de Física y de Química para que este organismo pueda capacitarse respecto a sus existencias y necesidades". A mediados de los años cincuenta, el Instituto Torres Quevedo comenzó a colaborar con la Empresa Nacional de Óptica (ENOSA) en la producción de equipos de mecánica, calor, óptica y electricidad que se difundieron entre los diversos

niveles de enseñanza, y de los que quedan abundantes testimonios en la colección de la Escuela Universitaria de Magisterio.

La información que ofrecen los instrumentos, tanto inscrita en las piezas como la documentación asociada, resulta también interesante para conocer la relación de estas importantes casas comerciales internacionales con los distribuidores locales así como para estudiar la aparición y el desarrollo de industrias locales que adaptaron ciertos instrumentos científicos y los comercializaron para usos didácticos o de investigación. De este modo, ha sido posible reconstruir algunos datos sobre dos interesantes y poco conocidos fabricantes de instrumentos valencianos de finales del siglo XIX y principios del siglo XX: Juan Lubat y Agustín Molina Ibars. Del primero, existen dos instrumentos, ambos de gran interés: un termómetro diferencial M-0225 y un carrete de descarga. Tenía su taller en la calle Zaragoza de Valencia y en el Archivo Histórico de la Universidad de Valencia existen muchas facturas que indican la fuerte relación de Juan Lubat con la Universidad entre finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Aparece como proveedor de instrumentos y como autor de numerosas reparaciones para la Facultad de Ciencias. Un catálogo de Leybold localizado en el Instituto Luis Vives de Valencia indica que Juan Lubat era también distribuidor de los instrumentos Leybold a principios del siglo XX.

5.- Abriendo las cajas negras: los instrumentos científicos al servicio de la investigación y la enseñanza universitaria.

Los trabajos planteados hasta el momento han estado dirigidos esencialmente a la correcta conservación y descripción de la colección recién formada. Se trata, sin duda, de un paso previo, ineludible y necesario, para poder equiparar este fondo con otras colecciones de instrumentos científicos universitarias. Pero esta catalogación no es un fin en sí mismo, sino que, bien al contrario, es el punto de partida de todo un amplio conjunto de posibles estudios y usos de la colección. Resultaría absurdo paralizar el trabajo en este punto. Muchas de las piezas se encuentran en locales inadecuados y, lo que es todavía más grave, resulta imposible en la actualidad aprovechar todas las ventajas que estos viejos objetos nos ofrecen. Es necesario transformarlos de nuevo en piezas útiles para la investigación y la docencia universitaria, aunque, como es lógico, con un papel diferente al que jugaron en el pasado. Las piezas de la colección pueden ser empleadas como (a) fuentes materiales de gran interés para la historia de la ciencia, (b) instrumentos didácticos para la enseñanza de las ciencias y (c) objetos de un indiscutible valor museográfico, susceptibles de formar parte de exposiciones de diverso tipo.

5.1 Fuentes materiales

Como se ha señalado, la catalogación de los instrumentos ha supuesto también la recuperación de un gran número de fuentes impresas y manuscritas asociadas con ellos que esperamos ampliar a lo largo del trabajo en curso. Estas fuentes son necesarias para poder transformar los instrumentos científicos catalogados en piezas valiosas para la investigación histórica o para la enseñanza de las ciencias. Sólo a través de ellas resulta posible reconstruir el funcionamiento de estos instrumentos y el contexto en el que fueron empleados. Los documentos más directamente relacionados con los instrumentos son los registros numéricos o gráficos que muchos de ellos producen y que permiten obtener o calcular los datos perseguidos por los científicos. En su conocido estudio de los instrumentos utilizados en la física de partículas del siglo XX, Peter Galison (1997) ha diferenciado entre dos tipos de instrumentos según los registros que producen. Mientras que ciertos instrumentos persiguen la producción de imágenes o representaciones gráficas, otros permiten obtener cálculos numéricos que sirven para establecer diversas características del fenómeno estudiado. En el caso de la colección de instrumentos de la Universidad, muchos de estos registros han desaparecido pero, por fortuna, se conserva en la Facultad de Físicas una importante colección del primer tipo antes mencionado. Se trata de un grupo de preparaciones de trazas de partículas que, por ser de las primeras realizadas en España, presentan un valor histórico y patrimonial incalculable.

Estos ejemplos muestran que los instrumentos científicos son una de las fuentes más importantes para el estudio de la actividad científica en la Universidad, especialmente en la época contemporánea. Su significado histórico no se limita a la información que ofrecen sobre las técnicas experimentales para las que fueron diseñados. También permiten el análisis de cuestiones tales como las estrategias de demostración empleadas por los científicos en un momento y lugar concretos, las diferentes concepciones

acerca del valor de la precisión experimental, la división del trabajo dentro de un laboratorio o las conexiones entre la universidad y la industria. Aunque los propios instrumentos pueden ofrecer abundante información sobre estos temas, en la mayor parte de los casos sólo con la ayuda de fuentes complementarias resulta posible conocer estas cuestiones.

En un trabajo dedicado a señalar el valor de los catálogos de instrumentos, el historiador John Heilbron (1993) señalaba que a través de ellos resulta posible transformar las piezas - en ocasiones únicas - de las colecciones en auténticas fuentes históricas, de una importancia semejantes a los manuscritos científicos o a las obras impresas. A través del análisis comparado que hace posible el catálogo, el historiador puede estudiar las transformaciones sufridas por piezas semejantes, lo que puede ofrecer pistas sobre los diversos usos de los instrumentos en varios contextos institucionales, y también puede completar series de instrumentos mediante piezas de diversas colecciones, además de las ventajas asociadas con el mejor conocimiento de los fabricantes, los materiales empleados en cada período, la datación de las piezas, etc.

Hemos señalado ya anteriormente algunos de los trabajos históricos publicados recientemente sobre los instrumentos científicos. Muchos de ellos se enmarcan dentro del creciente interés por las prácticas experimentales desarrolladas en los laboratorios y los procesos que conducen a la estabilización de los datos experimentales (James, 1989; Gooding, 1989; Galison, 1997). Estas investigaciones han mostrado que, para que los instrumentos puedan servir a la investigación experimental, resulta necesario que las comunidades científicas los acepten como medios seguros para realizar investigaciones en las áreas correspondientes. Muchos trabajos publicados en las últimas décadas han estado dedicados a mostrar que este proceso de aceptación es mucho más complejo de lo que tradicionalmente se había pensado. Parte de la dificultad para tal estudio reside en que los instrumentos son presentados en los artículos científicos como herramientas no problemáticas que permiten mejorar la investigación de la naturaleza, sin hacer explícitas todas las suposiciones teóricas que son asumidas en su uso. Algunos historiadores como Simon Schaffer (1989) denominan "transparencia" a esta cualidad que adquieren los instrumentos cuando son aceptados como seguros transmisores de información acerca de la naturaleza. Otros autores, como Trevor Pinch (1985) o Bruno Latour (1987), han preferido emplear una versión ampliada del concepto de "caja negra" para referirse a esta característica. Con esta expresión se suele hacer referencia habitualmente a los instrumentos que realizan ciertas funciones, por ejemplo, la toma de datos empíricos, sin que se conozca exactamente su modo de funcionamiento interno. En la actualidad, algunos historiadores han ampliado esta noción para incluir dentro de ella no sólo objetos materiales sino también conceptos teóricos que pueden ser transformados en "cajas negras". Cuando esto ocurre, los instrumentos y los conceptos científicos adquieren la confianza suficiente para ser empleados por las comunidades científicas sin necesidad de que su funcionamiento o su significado sea totalmente entendido.

Durante las grandes controversias científicas algunos de estos consensos son rotos y, de este modo, la fiabilidad de ciertos instrumentos científicos puede ser puesta en cuestión, de modo que muchas de las ideas asumidas que permiten su uso, se hacen explícitas y son discutidas por las comunidades científicas. Por eso, historiadores como Jan Golinski (1994) han defendido la necesidad de estudiar desde

este punto de vista períodos como la denominada "revolución química" de finales del siglo XVIII para aclarar el proceso que condujo a transformar en "cajas negras" instrumentos tan importantes posteriormente como el calorímetro.

Los instrumentos científicos que han sobrevivido son fuentes materiales muy importantes para el estudio de estos problemas. En muchos casos, ofrecen información que no resulta fácil de obtener mediante las fuentes impresas o manuscritas generalmente empleadas por los historiadores de la ciencia. Un análisis de los materiales puede informar sobre las técnicas empleadas para la construcción de los instrumentos. Las características del instrumento (tamaño, escalas, unidades, precisión) pueden ayudar a comprender mejor las investigaciones para las que fue empleado. Finalmente, la reproducción de experiencias históricas, realizada con ciertas precauciones, puede permitir obtener datos sobre las prácticas experimentales asociadas con un instrumento o nuevos argumentos para discutir casos históricos determinados como recientemente ha ocurrido, por ejemplo, con las experiencias de Coulomb para determinar las leyes electrostáticas o con las investigaciones de Joule sobre el equivalente mecánico de la energía del calor (Blondel, 1995). También pueden informar sobre las destrezas y los conocimientos tácitos que no resultan fácilmente transmisibles por escrito y que, por lo tanto, difícilmente se pueden estudiar a través de las fuentes impresas y manuscritas. Dado que este tipo de reproducciones han sido comúnmente empleadas en la enseñanza de las ciencias, discutiremos esta cuestión en el siguiente apartado.

5.2. Enseñanza de las ciencias

Los instrumentos de la Universidad de Valencia ofrecen posibilidades para abrir las "cajas negras" en que se han convertido los aparatos científicos más modernos. Debido a su complejidad, el funcionamiento de muchos instrumentos científicos actuales resulta de difícil comprensión para muchos estudiantes de ciencias, que deben confiar en su correcto funcionamiento, siguiendo al pie de la letra las instrucciones que el fabricante ha establecido para su uso. Sus características externas apenas ofrecen indicios del tipo de procesos físicos que suceden en su interior y, por lo tanto, acerca del fundamento teórico sobre el que sustentan los resultados de un análisis o el cálculo de una magnitud física. Tal problema fue ya puesto de manifiesto por uno de los primeros divulgadores de la física experimental, el abate Jean Antoine Nollet. En una obra destinada a mostrar el modo de construcción de los instrumentos empleados en física experimental durante el siglo XVIII, el *abbé* Nollet (1784) ofrecía, entre otras, la siguiente regla:

"Enfin préparez toujours vos Expériences de façon à pouvoir montre les moyens aussi-tôt après qu'on aura vu les effets: songez que s'il vous est permis de fixer l'attention de vos Auditeurs par des phénomènes qui les surprennent, il n'est pas de la dignité d'un Physicien de leur laisser ignorer les causes, quand il peut les leur faire connoître; ainsi, quoique le verre soit fragile, il faut le faire entrer dans la construction des machines de Physique préférablement au métal & aux autres matières opaques, toutes les fois qu'on pourra s'aider de sa transparence pour faire voir le

mécanisme des opérations: car je le répète, notre premier point de vue doit être d'enseigner, d'éclairer, & non de surprendre ou d'embarrasser"

El interés de Nollet por construir “instrumentos transparentes” para la enseñanza indica las dificultades didácticas que introdujo el desarrollo de la física experimental y la consiguiente sofisticación de los instrumentos empleados. Como hemos señalado anteriormente, al menos con el sentido ampliado que otorgan a esta expresión autores como Simon Schaffer, la “transparencia” de los instrumentos científicos no sólo está relacionada con los materiales empleados en su construcción. También comporta una serie de consensos en la comunidad científica acerca de los supuestos teóricos que fundamentan el correcto funcionamiento de los instrumentos. Estos supuestos teóricos son, en muchos casos, mucho más fáciles de percibir en los instrumentos científicos más antiguos, en los primeros prototipos relacionados con una técnica de análisis o un método de medición. Por ello, la forma y el diseño de muchos instrumentos catalogados contienen referencias explícitas a las leyes físicas que permitieron su introducción en los laboratorios. Algunos instrumentos son auténticos "théorèmes réifiés", según la expresión del filósofo Gaston Bachelard (1975), es decir, ideas transformadas en objetos de latón, vidrio o madera. Esto no impide, sin embargo, que los instrumentos puedan viajar a través de un marco teórico a otro y experimentar importantes cambios de significado. Por ello, como ha indicado Peter Galison (1997) a través del estudio la física de partículas, en determinados casos puede existir cierta independencia entre las prácticas experimentales asociadas con un instrumento y las concepciones teóricas vigentes, de modo que cambios en las técnicas de laboratorio pueden producirse en momentos de relativa estabilidad teórica y viceversa. Con ejemplos de un período bastante diferente, la física del siglo XVIII, John Heilbron (1993) ha puesto también en cuestión la anterior afirmación de Bachelard, señalando que un mismo objeto pudo servir para defender ideas bastante diferentes: autores como Nollet, que discrepaban de muchos aspectos de la física newtoniana, emplearon instrumentos científicos muy semejantes a los usados por los newtonianos holandeses pero, en ocasiones, con fines bastante diferentes.

Estas y otras conclusiones de los estudios históricos indican los riesgos de un empleo anacrónico de instrumentos históricos en la enseñanza de la ciencia. Muchos de estos instrumentos o reproducciones de los mismos han sido empleados para aprender las bases teóricas sobre las que reposa el funcionamiento de los aparatos modernos. Resulta mucho más sencillo aprender la base teórica de la colorimetría a través de un colorímetro de finales del siglo XIX que mediante un sofisticado instrumento actual. En algunos casos como, por ejemplo, el espectroscopio de tres brazos, los instrumentos originales han dejado de ser utilizados por la comunidad científica y han pasado a integrarse en las aulas de los institutos de enseñanza secundaria, como modelos especialmente diseñados para estos objetivos. Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, resultan evidente que, en este tipo de experiencias, existe siempre el riesgo de caer en anacronismos, al emplear instrumentos antiguos en el marco de la ciencia actual. Por el contrario, si son reintegrados en el marco histórico en el que nacieron, resulta posible reflexionar acerca de los mecanismos que transforman a estos instrumentos en herramientas aceptadas para la obtención de datos seguros y reproducibles. También pueden servir para comprender los

diferentes significados asociados con ellos en los diferentes marcos teóricos, académicos o económicos en los que fueron empleados. Desde este punto de vista, ofrecen nuevas oportunidades para introducir en la enseñanza de las ciencias algunas de las conclusiones recientes de la investigación histórica (Collin, 1989, Gaudillière, 1994).

La reproducción de experimentos clásicos es un buen ejemplo tanto de estas posibilidades como de los peligros asociados a un uso acrítico de los instrumentos científicos antiguos en el aula. En el proceso de reconstitución del instrumentos y de la experiencia se deben tomar ciertas decisiones (materiales, medidas, resultados obtenidos) que pueden conducir a anacronismos. También puede resultar complicado adquirir las habilidades necesarias para emplear el instrumento, especialmente aquellas que no son fácilmente transmisibles a través del texto y que suelen aprenderse mediante la imitación o a través del contacto en el laboratorio con un experimentador experto en su manejo. Estos problemas están muy relacionados con los recientes estudios sobre la replicación de experimentos en ciencia. A través de diversos casos particulares, autores como Harry Collins han mostrado las dificultades que ciertos investigadores tuvieron para reproducir algunos experimentos sin haber estado en contacto previo con sus creadores, a pesar de que, en todos los casos, eran expertos en el tema. Este hecho ha conducido a Collins y otros historiadores a utilizar la noción de "tacit knowledge" empleada por Michel Polanyi (1958) para designar los componentes no formalizables del conocimiento científico. Los componentes tácitos del conocimiento no resultan fáciles de transmitir a través de las publicaciones científicas y sólo se adquieren a través del contacto prolongado con los grupos de trabajo correspondientes. Algunos trabajos más recientes, dedicados a la historia de las prácticas de enseñanza científica, han recordado que, en muchas ocasiones, se exagerado el papel de estos conocimientos no codificados debido, en parte, a la escasa atención que se ha prestado a los procesos de transmisión y adquisición del conocimiento en las aulas (Polanyi, 1958, Collins, 1974, 1982; Olesko, 1993). Dejando de lado este interesante debate, lo cierto es que resulta sencillo encontrar declaraciones de grandes científicos, donde destacan estos aspectos difícilmente codificables del aprendizaje científico, especialmente en áreas fuertemente experimentales como la química. Antoine Lavoisier, al iniciar la tercera parte de su famoso *Traité élémentaire de chimie*, dedicada a la descripción de instrumentos científicos, recordaba que la lectura de su texto era insuficiente para la adquisición de las habilidades propias del trabajo experimental. Para ello, recordaba una anécdota de sus años de formación con su maestro Rouelle:

"Je suis loin de prétendre que ceux qui veulent prendre des connoissances exactes en Chimie, puissent se dispenser de suivre des cours, de fréquenter les laboratoires et de se familiariser avec les instruments qu'on y emploie. *Nihil est in intellectu quod non prius fuerit in sensu*, grande et importante vérité que ne doivent jamais oublier ceux qui apprennent comme ceux qui enseignent, et que le célèbre Rouelle avoit fait tracer en gros caractères dans le lieu le plus apparent de son laboratoire"

Este conocimiento que, como recordaba Lavoisier, difícilmente puede aprenderse en los libros, es una de las causas que han provocado grandes problemas en la reproducción de ciertos experimentos clásicos, junto con la dificultad de obtención de los materiales necesarios para reproducir las condiciones en las que se desarrolló el proceso estudiado. Tras realizar una réplica lo más exacta posible de la balanza de Coulomb, el historiador Peter Heering empleó cerca de seis meses de trabajo para aprender a manejarla, de modo que se pudieran obtener resultados significativos. Estos resultados, sin embargo, no

se ajustaban a la famosa ley de Coulomb según la cual la fuerza electrostática es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre las cargas, sino que eran intermedios entre esta ley y otras sugeridas por contemporáneos de Coulomb, una conclusión que permite analizar desde nuevas perspectivas la polémica que ocurrió a principios del siglo XIX. El modelo de la balanza fue construido y ensayado por Peter Heering, profesor de la Universidad de Oldenbourg, dentro de un proyecto que estudió los usos de la historia en la enseñanza de la ciencia. Para obtener datos que se ajustaran a la ley de Coulomb, tuvo que emplear una caja de Faraday, lo que, según Heering, no pudo ser realizado por Coulomb y sus contemporáneos. Sólo con estas y otras modificaciones en el diseño, no descritas por Coulomb, Heering pudo obtener resultados que se ajustaban a la ley defendida por el ingeniero francés (Heering, 1994).

Este ejemplo muestra una de los muchos problemas del empleo de los experimentos clásicos en el aula. En muchas ocasiones, estos experimentos históricos deben ser reconstruidos con numerosas modificaciones respecto a los modelos originales para evitar resultados inciertos que se aparten de la ley que se pretende ilustrar. De este modo, se corre el riesgo de ofrecer tanto una versión presentista del experimento en cuestión como una imagen distorsionada del papel y de las características de la experimentación en la actividad científica. Muchos de estos problemas pueden superarse si los experimentos clásicos son reproducidos teniendo en cuenta el contexto histórico en el que realizaron. De este modo, además de propiciar el aprendizaje de ciertas habilidades relacionadas con el trabajo experimental, la reproducción de experimentos clásicos puede servir para discutir, desde nuevos planteamientos, el significado de los experimentos científicos y analizar los procesos que conducen a consensos (o a polémicas) en torno a las explicaciones y a los datos aceptados por la comunidad científica.

5.3 Museos científicos

Tal y como recordaba recientemente Jim Bennet (2000), uno de los grandes retos de los museos científicos es precisamente la introducción en las exposiciones de todas las nuevas cuestiones que la historiografía de la ciencia ha planteado al analizar los instrumentos científicos. Los instrumentos catalogados ofrecen también oportunidades para avanzar en la solución de este complicado problema, dado que suponen un punto de encuentro entre conservadores de museos, investigadores en didáctica de la ciencia e historiadores de la ciencia. Sólo a través de la integración de estas tres tradiciones que han analizado, desde diversas perspectivas, los instrumentos científicos, resulta posible plantear un óptimo aprovechamiento de estos materiales. Lamentablemente, el diálogo entre estas disciplinas es escaso o nulo en nuestro país. Al contrario de lo que resultaría razonable, muchas veces estos problemas de comunicación tienen su origen principalmente en divisiones académicas obsoletas, intereses disciplinares o, incluso, disputas personales, y no tanto, como suele afirmarse, en la diversidad de lenguajes, problemas y aproximaciones de estas disciplinas. Una colección universitaria como la que aquí hemos analizado es una buena excusa para romper estas recalcitrantes barreras y abrir nuevos y fructíferos vínculos entre las tres comunidades.

Existen ya algunas exposiciones de instrumentos en diversos centros de la Universidad de Valencia. Hemos mencionado ya el Museo Histórico-Médico que cuenta con una amplia exposición de instrumentos médicos, a la que se han unido algunos instrumentos procedentes de las facultades de ciencias, con una pequeña sección de historia de la química. También existe una pequeña exposición en la Escuela de Magisterio, donde se exhiben algunos de los instrumentos más valiosos de la colección, aunque, de momento, sin etiquetas ni paneles explicativos. Tal situación también se da en el laboratorio de física “Fernando Senent” donde, como hemos indicado, se han habilitado unas vitrinas cerradas aunque de difícil acceso para los posibles visitantes. Estas iniciativas son muy valiosas porque, con muy poco esfuerzo adicional, pueden fácilmente transformar los instrumentos científicos en piezas de gran valor para la enseñanza de la ciencia. Con la colección catalogada, sería sencillo preparar exposiciones temporales dedicadas a técnicas concretas (espectroscopia, medidas eléctricas, gravimetría, etc.) o a cuestiones relacionadas con el uso de los instrumentos (cajas negras, culturas de la precisión, ciencia pública y ciencia privada), que podrían renovarse periódicamente. De momento, está prevista la realización de una exposición general que ofrecerá un panorama de la colección, una vez finalizada la primera fase de catalogación.

6. Conclusión

Los instrumentos científicos pueden ser analizados desde múltiples perspectivas, por lo que permiten establecer vínculos entre diversas disciplinas como la historia, la museología o la didáctica. De este modo, pueden servir para ofrecer una imagen mucho más humana de la actividad científica actuando, de este modo, como puentes entre las ciencias sociales y las ciencias naturales. También pueden contribuir a la renovación de la enseñanza de las ciencias, tanto a través de su uso en las aulas como en otros espacios educativos como museos o centros de divulgación científica. Finalmente, los instrumentos forman parte también del patrimonio histórico de la universidad y ayudan a entender sus características y su papel a lo largo del tiempo.

Gracias a que muchos profesores de nuestra universidad han sido conscientes de su importancia, hoy disponemos de un rico patrimonio histórico: los cerca de mil instrumentos científicos que se han conservado en despachos, sótanos o, a veces, en casas particulares y que se han salvado de la destrucción. Su conservación, no obstante, está en peligro. Si no se toman las medidas oportunas, la mayor parte de las piezas desaparecerán o se transformarán en material de desguace, cuando no abandonadas en contenedores de basura, como ya ha ocurrido con algunas piezas importantes. Son muchas las tareas que pueden realizarse con un mínimo coste económico. Al final de este año, se dispondrá de un primer catálogo de las piezas y una página en *internet* para acceder a sus fotografías. Esperamos contar próximamente con unos locales para mostrar y almacenar los principales instrumentos. El riesgo más importante es precisamente el emplazamiento y la dispersión de la colección, por lo que es urgente buscar nuevos locales para estos instrumentos. Resultaría lamentable que los responsables de tal decisión no supieran apreciar las ventajas que estos viejos objetos ofrecen para mejorar nuestro conocimiento sobre la enseñanza y la investigación científica.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible en parte gracias al programa *Thesaurus* (Universidad de Valencia) que ha permitido contar con contratos de investigación para Jesús Catalá Gorgués, Pedro Ruiz Castell, Cristina Sendra Mocholí, Josep Simón Castel . El estudio en marcha sobre la colección forma parte del proyecto de investigación "La cultura material de la ciencia" (BHA2000-0434) en el que están integrados Antonio García Belmar y José R. Bertomeu. Agradecemos los responsables de la *Collection of Historical Scientific Instruments*, Harvard University, y del Science Museum, Oxford, por las facilidades que nos han dado para manejar su ricas colecciones. También agradecemos la colaboración de un gran número de fabricantes de instrumentos científicos así como a los profesores y técnicos de laboratorio de la Universidad de Valencia, sin cuya ayuda hubiera sido imposible realizar este trabajo.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- AUERBACH, F. (1904), *The Zeiss Works and the Carl-Zeiss Stiftung in Jena....*, London, Marshall, Brookes & Chalkely Ltd., 146 p.
- ANDERSON, R.G.W. (1995), Connoisseurship, pedagogy or antiquarism? What were instruments doing in the nineteenth-century national collections in Great Britain?, *Journal of the History of Collections*, 7 (2), 211-225.
- BENNET, J. (1997), Museums and the establishment of the history of science at Oxford and Cambridge, *British Journal for the History of Science*, 30, 29-46.
- BENNET, J. (2000), [Entrevista] ..., *Métode*, 25, 43-47.
- BERG, A. (1949) *Ernst Leitz Optische Werke, Wetzlar : 1849-1949*, Frankfurt, Umschau.
- BERTOMEU SANCHEZ, J.R.; GARCIA BELMAR, A. (eds.) (2002) *Abriendo las cajas negras: Instrumentos científicos de la Universidad de Valencia*, Valencia, Universidad de Valencia, (en publicación).
- BLONDEL, C.; DORRIES, M. (1994), *Restaging Coulomb*, Florence, Olschki.
- BONNEFOUS, E. (1987), *Le conservatoire national des arts et métiers*, Paris.
- BRENNI, P. (1994) Heinrich Daniel Ruhmkorff, *Bulletin of the Scientific Instrument Society*, 41, 4-8.
- BRENNI, P. (1994b) Lerebours et Secretan, *Bulletin of the Scientific Instrument Society*, 40, 3-6.
- BUD, R.; COZZENS, S.E. (1992), *Invisible Connections. Instruments, Institutions, and Science*, Washington, SPIE, 306 p.
- BUD, R. (1997), History of Science and the Science Museum, *British Journal of History of Science*, 30, 47-50.
- BUD, R.; WARNER, J.D. (eds.) (1998), *Instruments of science: an historical encyclopedia*, New York, Science Museum, xxv + 709 p.
- CENTRE (1959-1960), ... *national d'histoire des sciences. Inventaire des instruments scientifiques historiques conservés en Belgique*, Brussels, 2 vols.
- COMITE (1964), ... *national français d'histoire et de philosophie des sciences. Inventaire des instruments scientifiques historiques conservés en France*, Paris, Centre de Documentation d'histoire des Techniques, 140 p.
- COLLINS, H.M. (1974), The TEA set: Tacit Knowledge and Scientific Networks, *Science Studies*, 4, 165-186.
- COLLINS, H.M. (1982), Tacit knowledge and scientific networks. En: B. BARNES; D. EDGE, *Science in Context*, Milton Keynes, The Open University Press, 44-65.
- COLLINS, H.; SHAPIN, S. (1989), Experiment, Science Teaching, and the New History and Sociology of Science. En: M. SHORTLAND; A. WARWICK (eds.), *Teaching the History of Science*, Oxford, Basil Blackwell, 67-80.
- DAUMAS, M. (1953), *Les instruments scientifiques aux XVIIe et XVIIIe siècles*, Paris, PUF.
- DAUMAS, M. (1955), *Lavoisier, théoricien et expérimentateur*, Paris, PUF.
- DUNKEL, M. (1973) *Geschichte der Firma E. Leybold's Nachfolger, 1850 bis 1966 ...*, Köln, E.

Leybold's Nachfolger.

GALISON, P. (1997), *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics*, Chicago, University Press, xxv + 955 p.

GANOT, A. (1876), *Traité élémentaire de physique ...*, Paris, Chez l'auteur-éditeur, 964 p.

GARCIA BELMAR, A.; BERTOMEU SANCHEZ, J.R. (1999), Les ciències al Museu Historico-Mèdic. En: *Els tresors de la Universitat de València*, Valencia, Universitat de València, 249-258.

GARCIA BELMAR, A.; BERTOMEU SANCHEZ, J.R. (2000), Instruments científics: Vells objectes per a una nova història de la ciència, *Mètode*, 25, 26-32.

GARCIA MOLINA, R.; VILLADA LOBETE, L.A. (2000), Instrumentos Antiguos de Física: recuperación de patrimonio y uso didáctico, *Revista Española de Física*, 14 (3), 47-55.

GARCIA DEL REAL, M. J. (2001), Un gran patrimonio al descubierto: Los materiales científicos utilizados para la enseñanza en los institutos andaluces, *Andalucía Educativa*, 25, 18-20.

GAUDILLIERE, J.P. (1994), Lavoisier, Priestley, le phlogistique et l'oxygène, de l'étude de controverse à la replication pédagogique, *Aster*, 18, 183-215.

GEISON, G. (1995), *The Private Science of Louis Pasteur*, Princeton, University Press.

GOLINSKI, J. (1994), Precision Instruments and the Demonstrative Order of Proof in Lavoisier's Chemistry, *Osiris*, 9, 30-48.

GOODIND, D.; PINCH, T.; SCHAFFER, S. (1989), *The uses of Experiment. Studies in the natural sciences*, Cambridge, University Press, 481 p.

GRMEK, M.D. (1973), *Raisonnement expérimental et recherches toxicologiques chez Claude Bernat*, Genève, Droz, xi + 474 p.

HACKMANN, W.D. (1989), Scientific Instruments: Models of Brass and Aids to Discovery. En: GOODING, D. PINCH, T.; SCHAFFER, S. (eds.), *The uses of experiment. Studies in the natural sciences*, Cambridge, University Press, 31-65.

HANKINS, T.L.; HELDEN, A. van (1994), Instruments, *Osiris*, 9, 1-243.

HEERING, P. (1994), The Replication of the Torsion balance experiment, the inverse square law and its refutation by early 19th-century German physicists. En: C. BLONDEL; M. DORRIES (eds.), *Restaging Coulomb*, Florence, Olseki, 47-67.

HEILBRON, J.L. (1993), Some Uses for The Catalogues of Old Scientific Instruments. En: R.W. ANDERSON et al. (eds.), *Essays on Historical Scientific Instruments ...*, Aldershot, Variorum, 1-16.

HISTORY (1962), The ... of the torsion balance as a teaching instrument, *Die Leybold-Welle*, 2 (7-8), 42-47.

HOGG, J. (1898), *The Microscope. Its history, construction and application ...*, London, George Routledge & Sons, 15^a ed., 704 p.

HOLBROOK, Mary (1992), *Science Preserved. A directory of scientific instruments in collections in the United Kingdom and Eire*, London, HMSO Publications Centre, 271 p.

HOLMES, F.L. (1987), Scientific writing and scientific discovery, *Isis*, 78 (292), 220-235.

HOLMES, F.L. (1990), Laboratory Notebooks: Can the Daily Record Illuminate the Broader Picture?, *Proceedings of the American Philosophical Society*, 34 (4), 349-366.

HOLMES, F.L.; LEVERE, T. (2000), *Instruments and Experimentation in the History of Chemistry*,

- Cambridge, MIT Press, xxii + 415 p.
- JAMES, F. (1989), *The Development of the Laboratory*, New York.
- JACOMY, B. (1995), Du Cabinet au Conservatoire. Les instruments scientifiques du Conservatoire des Arts et Métiers de Paris, *Journal of Historical Collections*, 7 (2), 227-233.
- KIELY, Edmond (1947), *Surveying Instruments Their history and classroom use*, New York, Columbia University Pubb., 411 p.
- LATOUR, B. (1987), *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*, Cambridge, Harvard Univ. Press, 274 p.
- LAVOISIER, A. (1789), *Traité élémentaire de Chimie, présenté dans un ordre nouveau et d'après les découvertes modernes*, Paris, Chez Cucheux (Ed. Facs. Bruxelles, 1965), 2 vols.
- LUCKEMEYER, L. (1984), Leitz, E. En: *Neue Deutsche Biographie*, Berlin, t. 14, 173-175.
- MAXWELL, J. C. (1876), General Considerations concerning Scientific Apparatus. En: *Handbook to the Special Loan Collection of Scientific Apparatus*, London, Chapman and Hall, 1-22.
- MAYR, O. (1990), *The Deutsches Museum. German Museum of Masterworks of Science and Technology*, Munich, Munich, Deutsches Museum, 160 p.
- MICHEL, H. (1958), Note sur l'inventaire mondial des instruments scientifiques d'intérêt historique, *Archives Internationales d'histoire des sciences*, XI, 394-401.
- MIELI, A. (1944), *Lavoisier y la formulación de la teoría química moderna*, Buenos Aires, Espasa-Calpe.
- MOLLAN, Charles (1995), *Irish National Inventory of History Scientific Instruments*, Dublin, Samton Limited, 501 p.
- MORENO, R., ROMERO, A. (1997), Recuperación del instrumental científico-histórico del CSIC. Antecedentes del Instituto "Torres Quevedo. El Laboratorio de Automática. *Arbor*, CLVI (616), 131-166.
- NICOLINI, N.; TERENNA, G. (1999), *La Collezione di Vetreria Scientifica*, Siena, CUTVAP, 192 p.
- NOLLET (1784), *L'art des expériences ou avis aux amateurs de la Physique, sur le choix, la construction et l'usage des instrumens ...*, Paris, Durand, 3 vols. vols.
- OLESKO, K.M. (1991), *Physics as a calling: Discipline and practice in the Königsberg seminar for physics*, Ithaca, Cornell University Press, 488 p.
- PAYEN, J. (1986), Les constructeurs d'instruments scientifiques en France au XIX^e siècle, *Archives Internationales d'histoire* (36), 84-161.
- PESTRE, D. (1994), La pratique de reconstruction des expériences historiques, une toute première réflexion. En: C. BLONDEL; M. DORRIES (eds.), *Restaging Coulomb*, Florence, Olschki, 17-31.
- PINCH, T. (1985), Towards an Analysis of Scientific Observation: The Externality and Evidential Significance of Observational Reports in Physics, *Social Studies of Science*, 15, 3-36.
- POLANYI, M. (1983), *Personal knowledge : towards a post-critical philosophy*, London, Routledge & Kegan Paul, xiv + 428 p, 1 ed. 1958.
- RIGHNINI BONELLI, M. L. (1976), *Il Museo di Storia della Scienza A Firenze*, Milano, Electa Editrice, 250 p.
- ROHR, Moritz (1930), *Zur Geschichte der Zeissischen Werkstätte bis zum Tode Ernst Abbes*, Jena.
- ROMERO, A. (1998), Dos políticas de instrumental científico: el Instituto del Material Científico y el Torres

- Quevedo, *Arbor*, CLX (631-632), 359-386.
- SCHAFFER, S. (1994), Machine Philosophy: Demonstration Devices in Georgian Mechanics, *Osiris*, 9, 157-182.
- SEBASTIAN, Amparo (1997), *Abriendo las puertas de la ciencia. Guía didáctica del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología*, Madrid, MEC, 47 p.
- SEBASTIAN, A.; JIMENEZ, M. (1999), Learned institutions: sources for unknown scientific instruments, *Nuncius* (14), 491-504.
- SEBASTIAN, *et al.* (coords.) (2000), *Instrumentos científicos para la enseñanza de la física ...*, Madrid, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 399 p.
- SIBUM, O. (1995), Reworking the mechanical value of heat: instruments of precision and gestures of accuracy in early Victorian England, *Studies in History and Philosophy of Science* (26), 73-106.
- SOUTH KENSINGTON MUSEUM (1876), ... *Handbook to the Special Loan Collection of Scientific Apparatus*, London, Chapman and Hall, xviii + 339 p.
- SUTTON, G. (1995), *Science for a Polite Society. Gender, Culture and the Demonstration of Enlightenment*, Boulder, Westview Press, xi + 391 pp.
- TURNER, A. J. (2001), Maurice Daumas: les instruments scientifiques, *La Revue*, 32, 22-32.
- TURNER, G.E. (1983), *Nineteenth-Century Scientific Instruments*, Berkeley, University of California.
- TURNER, GERARD (1990), *Scientific instruments and experimental philosophy...*, Aldershot, Variorum, 329 p.
- TURNER, G. et a (1993), *Making instruments count: essays on historical scientific instruments presented to ...*, Aldershot, Variorum, 492 p.
- TURNER, G.E.; BRYDEN, D.J. (1997), *A Classified Bibliography on the History of Scientific Instruments*, Oxford: Scientific Instrument Commission. (Existen suplementos publicados hasta 2001 por A.V. Simcock *et al.*)
- WARNER, D.J. (1990), What is a scientific instrument, when did it become one, and why?, *British Journal for the History of Science*, 23, 83-93.
- WEISE, J. (1984), Leybold, E. En: *Neue Deutsche Biographie*, Berlin, t. 14, 426-427.
- WISE, M.N. (1988), Mediating Machines, *Science in Context*, 2 (1), 77-113.
- WURTZ, A. (1884) *Leçons élémentaires de chimie moderne*, Paris, Masson.