

LOS INSTRUMENTOS ANTIGUOS DE LOS GABINETES DE FÍSICA. PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN Y ESTUDIO COMPARATIVO

SCIENTIFIC INSTRUMENTS IN PHYSICS CABINETS: CLASSIFICATION AND COMPARATIVE STUDY

Manuel Fernández-González
mfgfaber@ugr.es

Jesús Sánchez-Tallón
jestallone@gmail.com

*Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales
Universidad de Granada.*

RESUMEN: Se han estudiado colecciones de instrumentos de física que formaron parte de los antiguos gabinetes escolares españoles. A fin de realizar contrastes, se han considerado igualmente manuales de física de la época, laboratorios de investigación y laboratorios escolares actuales. Para ello se ha aplicado un esquema clasificatorio basado en criterios didácticos. Se obtiene así un perfil global para cada colección que pone de manifiesto la existencia de varios patrones característicos. Tales aportaciones contribuyen a un mejor conocimiento de la enseñanza de la física en el pasado, especialmente en la España del siglo XIX.

PALABRAS CLAVE: instrumentos antiguos, gabinetes escolares, enseñanza de la física en España, historia de la ciencia, siglo XIX.

ABSTRACT: This article describes a study of collections of physics instruments in Spanish schools. In order to compare the collections, an analysis was performed of physics textbooks of the 19th century as well as of instruments in research laboratories, and modern school laboratories. For this purpose a classification scheme, based on didactic criteria, was applied. In this way, we obtained a profile for each collection, which highlights the existence of a set of characteristic patterns. The results of our study contribute to a deeper knowledge of how physics was taught in the past, and especially in Spain in the 19th century.

KEY WORDS: early scientific instruments; physics cabinet; physics teaching in Spain; history of science; 19th century.

Fecha de recepción: octubre 2012 • Aceptado: marzo 2013

Fernández González, M. y Sánchez Tallón, J. (2013). Los instrumentos antiguos de los gabinetes de física. Propuesta de clasificación y estudio comparativo, *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2), pp. 231-249

INTRODUCCIÓN

Muchos centros escolares conservan aún en nuestros días una parte muy importante de sus antiguas colecciones de instrumentos científicos. La supervivencia a lo largo del tiempo fue difícil y muchas de ellas desaparecieron o perdieron parte de sus efectivos a causa de la desidia y la falta de valoración de este material. Afortunadamente, la tendencia comienza a cambiar. Hoy día, los instrumentos antiguos son considerados como parte del patrimonio científico e industrial de un país. Comienzan a desarrollarse estudios y proyectos sobre este nuevo campo (Simon y Cuenca, 2012) y, así, vemos publicados inventarios de colecciones y trabajos sobre instrumentos y su papel en la enseñanza. No faltan números monográficos dedicados a esta temática, como el que acaba de publicar la revista *Science & Education* (Heering y Wittje, 2012). Tampoco reuniones y congresos. En España, por ejemplo, se celebran periódicamente desde el año 2007 Jornadas sobre el Patrimonio de los Institutos Históricos (Pérez-Dionís, 2009).

La historia de la ciencia y la legislación de la época son fuentes de información indispensables acerca de la aparición de gabinetes y el consiguiente uso de instrumentos. Por la primera conocemos que desde el siglo XVIII avanza imparable el enfoque de física experimental (Home, 1992), para cuya enseñanza es indispensable el recurso a los instrumentos. La segunda muestra la institucionalización de este enfoque, lo cual facilita su rápido progreso y el reforzamiento de la tendencia experimental. Igualmente, los manuales constituyen un recurso básico utilizado en el estudio de la enseñanza en el pasado. Reflejan fielmente la idiosincrasia de una asignatura en una época determinada y dejan entrever las características esenciales de su práctica en el aula (Choppin, 2000). Los manuales de física que fueron utilizados en España muestran que el enfoque experimental progresando a buen ritmo desde principios del siglo XIX.

El objetivo fundamental del presente trabajo es el estudio de los instrumentos con los que estaban dotados los gabinetes de física del siglo XIX. Nos proponemos, en concreto, conocer los instrumentos existentes en diversos gabinetes y elaborar una propuesta de clasificación que, aplicada a dichos instrumentos, permita definir el perfil de cada colección. Sobre la base de este perfil pretendemos realizar un estudio comparativo de todas ellas y ver si responden a rasgos comunes.

Puesto que en un contexto educativo existe una estrecha conexión entre los instrumentos reales de gabinete y los instrumentos representados en los manuales, hemos dedicado a estos últimos una parcela de nuestro estudio. Buscamos comprobar posibles semejanzas entre los perfiles de las colecciones de ambos, tomando siempre como referencia las colecciones de gabinete. Con el mismo motivo, hemos tenido también en cuenta alguna colección de centros actuales e incluso de laboratorio de investigación.

Trataremos, además, de inferir, a partir de los datos recogidos en nuestra investigación, algunas características de la enseñanza de la física que entonces se practicaba, como pueden ser el enfoque que impregnaba la disciplina y el papel asignado a lo experimental. Estas aportaciones podrían servir para conocer mejor la problemática de la enseñanza de la física en el pasado, especialmente en la España del siglo XIX.

EL CONTEXTO HISTÓRICO

De la filosofía de la naturaleza a la física experimental

A principios del siglo XVIII aún se habla de *filosofía de la naturaleza*, término que comienza a ser sustituido por el de *física*. El cambio de nombre supone un modo diferente de entender este campo del saber, que pasa a estar regido por principios propios sometidos a contrastación empírica (Buchwald y Hong, 2003, cap. 6). Hasta entonces su enseñanza ha seguido el enfoque de la física escolástica, con estructura, contenidos y terminología que se asemejan mucho a los cursos de filosofía de la época, en

los que suele ir incluida. Hacia la mitad de siglo comienza a abrirse paso la física experimental (Hulin, 1992), con el consiguiente abandono del espíritu especulativo anterior y reforzando la dimensión empírica y cuantitativa (Ten, 1991). Esta orientación está ya presente en tratados pioneros como las *Leçons de physique expérimentale* del abate Nollet (1743). El esquema es siempre el mismo: cada «proposición» es seguida por una «experiencia» a modo de prueba, es decir, se presenta un fenómeno o una ley física y a continuación se incluye una ejemplificación experimental.

A principios del siglo XIX, la nueva tendencia se encuentra generalizada. A este respecto escribe Despretz (1839) en el prólogo de su manual de física:

La Física, en el estado a que ha llegado en la actualidad, no tiene de común más que el nombre con la Física llamada escolástica, que los preceptos de Bacon y los ejemplos de Galileo han contribuido felizmente a desterrar de la enseñanza pública (p. XIII).

Es evidente que una enseñanza con esta orientación necesita contar con instrumentos científicos para escapar de lo puramente libresco y hacer gala de su carácter experimental. Aparecen entonces instrumentos diseñados expresamente para la enseñanza, con el objetivo de mostrar a los alumnos los fenómenos y algunas pruebas experimentales que ejemplifiquen las leyes de la ciencia. Rebrotó la esperanza de que la nueva física sea capaz de liberarse del manual como único recurso de enseñanza y de la memorización como la sola estrategia de aprendizaje. El conocimiento de los instrumentos será un contenido más de enseñanza.

Los manuales, por su parte, reflejan la nueva forma de entender la física. La exposición de los fenómenos se hace uniendo estrechamente la explicación teórica a la comprobación experimental. De este modo, si las carencias de material u otros motivos no hacen posible las demostraciones prácticas, al menos los manuales presentan instrumentos de manera abundante, los estudian muy detalladamente y describen su finalidad y funcionamiento (Fernández, 2005).

Uno de los rasgos de la nueva física es la valoración de lo cuantitativo (Solís y Sellés, 2005: 626 y ss.). La enseñanza no especializada presta ahora mayor atención a lo cuantitativo, aunque dentro de un nivel moderado, y estudia con más detenimiento la medida de magnitudes, que ya no se limita como antes a la longitud y el peso. Es por ello por lo que los instrumentos de medida adquieren una importancia creciente en los gabinetes.

La física esgrime el irrefutable argumento de las aplicaciones derivadas de sus principios para reafirmarse como «ciencia útil» (Sánchez Ron, 1992: 52), marcando así la diferencia con la física anterior, muy especulativa. Las aplicaciones abarcan una amplia gama, desde la maquinaria pesada a las pequeñas aplicaciones domésticas. Todo ello empuja a los gabinetes de los centros escolares a disponer de material tecnológico, como pilas eléctricas, piezas de telégrafo, alguna cámara fotográfica y, en el caso de maquinaria pesada, se recurre a modelos a escala que reproducen simplísimamente el funcionamiento del aparato.

La irrupción de la física experimental en España

En España, la física experimental irrumpe con retraso. A principios del siglo XIX aún se halla enfrentada al enfoque tradicional o física escolástica (Moreno, 1988). Pero a mediados de siglo la situación termina cambiando a su favor gracias al empeño de las autoridades educativas.

En efecto, en 1845 se aprueba el Plan Pidal (Ministerio, 1845), que supuso el primer intento serio de salir de la calamitosa situación en la que se encontraba la enseñanza,¹ particularmente, la de las

1. Hasta el siglo XIX no existió en España un sistema de educación universal. Solo la nobleza, tras ingresar en el Colegio Imperial (creado en 1625), pasaba al Real Seminario de Nobles, a cargo de los jesuitas desde su creación (1725) hasta su

ciencias experimentales. Entre las disposiciones más trascendentes figuran la creación de los institutos de enseñanza secundaria, dependientes de las universidades, y el diseño de los planes de estudio correspondientes. En el quinto curso de secundaria se incluye como nueva asignatura «Elementos de Física y nociones de Química», estableciéndose que los institutos tengan un gabinete como apoyo a esta. Al año siguiente, la Dirección General de Instrucción Pública emite una circular con el programa de la asignatura² (Ministerio, 1846a), una propuesta de manuales (Ministerio, 1846b) y una lista de instrumentos que se recomienda que estén presentes en los gabinetes (Ministerio, 1846c).

El carácter experimental del programa salta a la vista, a juzgar por las abundantes referencias a instrumentos y experiencias que en él figuran. Por ejemplo: «Leyes de la caída de los cuerpos demostradas por el plano inclinado y la máquina de Atwood» (p. 105), «Principio de Arquímedes demostrado por el raciocinio y la experiencia» (p. 106) o «Medida de la fuerza elástica [del vapor] en diferentes temperaturas» (p. 107). Igualmente presta atención a las aplicaciones tecnológicas y cotidianas, precedente de lo que en la actualidad son los contenidos CTS. Así, aparecen «Prensa hidráulica» (p. 106), «Barcos de vapor» y «Caminos de hierro» (p. 108) o «Construcción de los pararrayos» (p. 111).

La anterior disposición se complementa con una lista-modelo de 153 instrumentos que deben estar presentes en institutos y universidades. La mayor parte de ellos son de estudio y demostración (por ejemplo, «máquina de Atwood») o de medida (por ejemplo, «dinamómetro ordinario»), pero también los hay de otros tipos, como auxiliares (por ejemplo, «banquillo aislador») o recreativos (por ejemplo, «cuadro centelleante»). La distribución, según su temática, es: mecánica, 22 instrumentos; líquidos, 21; aire-atmósfera, 25; calor, 22; electricidad-magnetismo, 42; óptica, 21.

El problema que se presentó entonces fue que, dado lo exiguo del presupuesto de los centros, el Ministerio se vio obligado a adquirir material para los gabinetes de física de las once universidades del país (Ministerio, 1848). El material procedía, en su casi totalidad, de fabricantes franceses, ya que España se limitaba en ese momento a la producción artesanal de los más sencillos (Sebastián, 2000: 61). Posteriormente, van a ser los centros, según consta en las memorias anuales correspondientes, los encargados de las compras para complementar y poner al día sus colecciones.

A partir del Plan Pidal, la orientación experimental de la física queda fijada oficialmente. Otra cosa va a ser la puesta en práctica de todo lo proyectado, obstaculizada por la inercia del sistema y las penurias económicas. La dura realidad dejará en muchos casos los proyectos sin cumplirse y la enseñanza reducida al puro libro de texto.

METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

El vehículo de transmisión por excelencia del nuevo enfoque es, cómo no, el manual. Son los manuales los que muestran los instrumentos ilustrando fenómenos, realizando medidas y llevando a cabo experiencias. ¿Y de dónde salen los instrumentos? Su construcción y puesta a punto la llevan a cabo obviamente los fabricantes, aunque para ello es indispensable el asesoramiento de profesionales de la ciencia o su enseñanza. Los fabricantes ofrecen su producción en catálogos ilustrados que contienen tanto instrumentos escolares como de investigación (Brenni, 2012).

expulsión de España (1767). Después, tanto el Colegio como el Seminario quedaron en manos del Estado, pasando a ser los Reales Estudios de San Isidro. En 1773 se creó una cátedra de Física Experimental, con un gabinete bien equipado, de tal modo que a comienzos del siglo XIX se consideraba el mejor del país y estaba al mismo nivel que los mejores de Europa (Roc y Miralles, 1996: 55).

2. El programa muestra la materia estructurada en diversas secciones: prolegómenos; definición y objeto de la física; propiedades generales de los cuerpos; estática y dinámica; gravedad; hidrostática e hidrodinámica (se incluye aire y atmósfera); calórico; electricidad; galvanismo; magnetismo; electro-magnetismo; acciones moleculares (capilaridad, elasticidad); acústica; óptica; meteorología, y nociones de química.

Manuales y catálogos proporcionaban habitualmente a los responsables educativos la información para adquirir material experimental. Por eso, salvo contadas excepciones, los instrumentos que podemos encontrar en los gabinetes de enseñanza están presentes en los manuales antiguos y en los catálogos comerciales. Esta triple conexión, instrumentos-manuales-catálogos, es esencial para identificar los instrumentos de gabinete y conocer bien su funcionamiento y finalidad.

El objeto de nuestro trabajo es la colección en su globalidad, clasificada por tipos de instrumentos. Pero esto se consigue tras haber pasado por una categorización de cada instrumento individual, como paso previo a una distribución por tipos. El conjunto de esta mostrará la relación entre los tipos de instrumentos y va a constituir el perfil de la colección.

Por otra parte, conviene tener presente que una colección no tiene carácter permanente, sino que evoluciona a lo largo del tiempo. Se adquieren nuevos aparatos para completarla o ponerla al día, al tiempo que desaparecen otros, perdidos, deteriorados u obsoletos. Esto significa que el inventario de la colección de un mismo centro, realizado en dos épocas diferentes, puede arrojar resultados distintos.³ Como el estudio que vamos a emprender no se centra en instrumentos concretos ni tiene carácter evolutivo, basta, pues, disponer de un solo inventario de cada colección, que, además, no tiene que coincidir cronológicamente con el de otras.

Ya se ha dicho que el núcleo fundamental de nuestro trabajo son las colecciones escolares antiguas. Sin embargo, hemos creído interesante estudiar, aplicando la misma estrategia, las colecciones escolares modernas. El contraste entre ambas es muy acentuado. La base de las colecciones antiguas es el instrumento como un todo que, aunque fuera complejo, se presentaba formando una pieza única. Cada aparato (excepto los de medida) solía estar al servicio de un solo fenómeno o ley. Hoy día, aunque sigue habiendo instrumentos que responden a estas características, se ha impuesto la tendencia de lo modular (Brenni, 2012: 221). Las firmas comerciales no sirven el instrumento, sino las piezas para armarlo, que a su vez pueden ser empleadas en el montaje de otros aparatos.

Plan de trabajo

El primer paso de nuestra investigación es doble: la puesta a punto de un esquema de clasificación de instrumentos realizada con criterios didácticos (se expone con detalle en el siguiente apartado) y la localización de inventarios de colecciones. Los inventarios pueden ser encontrados en la bibliografía especializada o en los archivos de los centros, pero otras veces no ocurre así y entonces el trabajo debe iniciarse acometiendo esta tarea.

Una vez que el inventario de la colección está disponible, se procede a su categorización. Para ello se aplica el esquema de clasificación a cada uno de los instrumentos y se obtiene su distribución en tipos. La relación porcentual entre ellos se va a representar mediante un diagrama de barras, con lo cual obtenemos el perfil tipológico de la colección y entonces podemos realizar estudios comparativos con otras varias.

Va a analizarse, en primer lugar, la lista de instrumentos propuestos en 1846 por el Ministerio, ya que su perfil tipológico puede constituir una referencia para las colecciones escolares. Seguidamente, van a considerarse algunas colecciones de gabinete, de las que se estudiará, según el procedimiento expuesto, si siguen un patrón tipológico común y si este coincide con el de la lista del Ministerio. Estas colecciones⁴

3. Es la estrategia a seguir si se pretende estudiar la evolución de la colección a lo largo de un periodo, bien sea en cuanto a características cuantitativas globales, bien sea para estimar el montante de las pérdidas, bien sea para averiguar el surgimiento o la extinción de instrumentos concretos, o bien para constatar la variación en la importancia adquirida por determinado tipo de instrumentos.

4. Instituto de San Isidro (Madrid). Ya se ha mencionado este centro (nota 1), que finalmente fue convertido en instituto en 1845 con el Plan Pidal. Hemos accedido a un inventario realizado en 1846 (Moreno, 1988; Guijarro, 2002).

– Instituto de Granada. Surgido en 1845, es en la actualidad el IES «P. Suárez» (Marín, 1990). El inventario de la colección

son las del Instituto de San Isidro (Madrid), Instituto de Granada, Escuela Normal de Granada, Instituto de León y Universidad de Salamanca.

Por otra parte, vista la relación entre instrumentos de gabinete e instrumentos de manuales, puede ser interesante indagar hasta qué punto esta relación es estrecha, comparando los perfiles del conjunto de instrumentos que figuran en manuales de la época con los de las colecciones de gabinete anteriores. Los manuales revisados son algunos de los que figuran en las primeras listas del Ministerio. Concretamente, son los de Beudant (1841), González Valledor y Chávarri (1848) y Ganot (1854). Para una comparación más rigurosa se han excluido algunos instrumentos (pocos) que no pueden encontrarse en gabinetes (como maquinaria pesada).

Llegados hasta aquí, se ha creído conveniente, con objeto de perfilar las características, contrastar las colecciones escolares con alguna otra procedente de laboratorios de investigación. Esto puede permitir resaltar la tipología propia de las colecciones de gabinete y, al mismo tiempo, definir los elementos más característicos de las de laboratorio. Se ha tomado al respecto la colección del Observatorio de Cartuja de Granada.⁵ Igualmente, nos proponemos estudiar colecciones escolares actuales a fin de indagar cómo las diferencias entre el material de prácticas antiguo y el moderno se traducen en un perfil tipológico diferente. Para esta labor se ha estudiado el material del armario «Torres Quevedo» y el de las cajas de ENOSA,⁶ que es la base de muchos de nuestros institutos actuales. En el primer caso se ha consultado el manual suministrado; en el segundo, los datos han sido recogidos conjuntamente de los manuales elementales de mecánica (1963), calor (1963), óptica (1963) y electricidad (1964).

Conviene advertir que para las operaciones de contraste se han elegido colecciones prototípicas. Así se ha trabajado sobre una colección de centro de investigación típico (Observatorio de Cartuja), sin relación con la enseñanza, o sobre las cajas de ENOSA como representativas puras del material de prácticas moderno, y no sobre la colección entera de un instituto actual, que puede acoger, además, otros instrumentos de características distintas.

TIPOS DE INSTRUMENTOS

Propuesta de clasificación

A la vista del material procedente de gabinetes, hemos intentado una clasificación de instrumentos que va más allá de la clásica por dominios de la física. No abundan los precedentes que se apartan de tal

que se conserva ha sido realizado por nosotros mismos (Sánchez Tallón, 2011).

– Escuela Normal-Seminario de Maestros de Granada. Se fundó en 1846. Aunque en los planes de estudio estaban incluidas la física y la química, la falta absoluta de material impidió una enseñanza de carácter experimental (López, 1979). A comienzos del siglo XX se creó un gabinete de Ciencias Físico-Naturales del cual hemos hecho el inventario (Sánchez Tallón, 2008).

– Instituto de León. Fundado en 1846, disponemos de un inventario recogido en 1859 (Instituto de León, 1859: 22-24).

– Universidad de Salamanca. Disponemos de un inventario llevado a cabo en 1859 (Universidad de Salamanca, 1860: 67-92).

5. El Observatorio de Cartuja de Granada fue fundado en 1902 y se dedicó desde su creación a la astronomía, sismología y meteorología (Sánchez y García, 2007). Actualmente pertenece a la Universidad de Granada.

6. Equipo del Instituto «Torres Quevedo». El Instituto fue creado en 1939 en el seno del CSIC. Hacia finales de los años cincuenta diseñó y puso a punto una colección de material, pensado especialmente para nivel de bachillerato avanzado (Sendra *et al.*, 2001: 46).

– Equipo de ENOSA (Empresa Nacional de Óptica S.A.). Creada en 1950 (López García, 1994: 179), comienza a desarrollar en colaboración con el «Torres Quevedo» equipos de prácticas, en un principio elementales y más tarde también de nivel avanzado (Ruiz Castell *et al.*, 2002: 378).

La orientación pretendida era que las prácticas las realizara el alumno (ENOSA, 1963). Esta es justamente la diferencia con el equipo Torres Quevedo, pensado para promover la realización de experiencias de cátedra a cargo del profesor. Por eso, un centro bien dotado en aquella época solía tener un armario Torres Quevedo y varias cajas ENOSA.

esquema. Cabe destacar a Turner (1983: 18), que ordena en cuatro tipos los instrumentos recogidos de ámbitos diversos. En nuestro caso (Sánchez Tallón, 2011), la clasificación propuesta está centrada en la enseñanza y amplía el número de tipos. Sus categorías apuntan a la finalidad de utilización escolar del instrumento, lo cual es más interesante bajo el punto de vista didáctico. Así pues, la finalidad es el concepto que nos ha guiado en el diseño de la clasificación. Pero no siempre es fácil asignar a un instrumento antiguo su finalidad didáctica. En tales casos hemos recurrido a una fuente de valor inapreciable: el manual de la época, que, fiel al espíritu experimental, incluye grabados y experiencias con ellos.

Entre el material que compone una colección podemos encontrar instrumentos que apuntan claramente a la realización de medidas, cuantitativas en su mayoría (ver categoría 1, a continuación). Otros están dedicados a mostrar y estudiar un efecto físico (categoría 2). Algunos tienen como misión aclarar el funcionamiento de alguna máquina o aparato tecnológico, por lo que a veces consisten en un modelo a escala reducida (categoría 3). Hay instrumentos que nunca actúan en solitario, sino que requieren el concurso de otros, como aquellos que son complemento a uno principal (categoría 4), o los que pueden participar en actividades muy diversas (categoría 5). Aparecen también instrumentos más propios de laboratorios de investigación que de centros escolares, algunos de medida, pero mostrando una precisión fuera de lo común (categoría 6). Se reserva una categoría para instrumentos que proporcionan la fuente de energía que produce los fenómenos (categoría 7). Igualmente, hay aparatos de la vida diaria que en el ámbito escolar son usados para mostrar su fundamento (categoría 8). Por otra parte, los hay destinados a enseñar aspectos lúdicos de la ciencia (categoría 9). Quedan, por último, modelos a gran escala para ayudar al profesor a explicar en clase un fenómeno o un aparato (categoría 10).

La clasificación propuesta está, pues, constituida por las siguientes categorías:

1. *Instrumentos de medida*. Entre ellos se pueden encontrar: de medida directa (p. ej., calibre), de medida indirecta (p. ej., areómetro), o de medida comparativa (p. ej., electrómetro). Pueden actuar en experimentos de comprobación (p. ej., balanza hidrostática).

2. *Instrumentos de estudio y demostración*. Reservamos el término «demostración» para cuando el instrumento tiene por finalidad comprobar directamente una ley o fenómeno ya conocido (p. ej., espejo ustorio, fig. 1). En cambio, es de «estudio y demostración» cuando puede utilizarse para explorar alguna otra situación o ampliar lo ya descrito (p. ej., máquina de Atwood). Como con frecuencia los límites entre uno y otro son difícilmente discernibles, se han incluido juntos.

3. *Instrumentos/modelos tecnológicos*. Instrumento tecnológico es un aparato empleado para algún fin que beneficia a la sociedad y contribuye al progreso. Algunos pueden encontrarse en gabinete (p. ej., emisor Morse), pero otros, por sus grandes dimensiones, no (p. ej., máquina de vapor de Watt). En tal caso puede suplirse su carencia mediante un modelo.

Modelo tecnológico es, pues, una versión simplificada y reducida del instrumento real (p. ej., modelo de máquina de vapor, fig. 2). Muestra más claramente cómo funciona el aparato, o una parte de este (la transmisión del movimiento), mientras otra se simula (la fuerza del vapor, moviendo a mano una rueda).

4. *Instrumentos auxiliares*. Están al servicio de un instrumento principal (p. ej., excitador, microproyector), de un montaje (p. ej., transformador, caja de resistencias) o de un proceso (p. ej., estufa, centrifugadora, lámpara de cuarto oscuro).

5. *Instrumentos multiuso*. Son mucho más simples que los anteriores y de base menos científica (p. ej., cubeta de cobre). Pueden emplearse en experiencias diversas. Normalmente aparecen como parte de un montaje (p. ej., soporte articulado de madera).

6. *Instrumentos de investigación*. Son propios de laboratorio y no suelen figurar en los gabinetes escolares. No obstante, a veces se encuentra alguno de ellos en las colecciones de gabinete (p. ej., barómetro de Fortin, véase nota 9).

7. *Instrumentos de producción de agentes físicos.* Agentes físicos son las causas primeras que originan los fenómenos físicos. Entre ellos se encuentran la electricidad estática, la corriente, la presión/ el vacío, el magnetismo, etc., producidos respectivamente por aparatos como la máquina eléctrica, la pila, la bomba de compresión/la máquina neumática, el imán, etc. Estos instrumentos desencadenan los fenómenos que quieren estudiarse. Por ejemplo, la pila de Volta, suministrando corriente, permite estudiar el fenómeno de interacción entre corrientes.

8. *Instrumentos de uso no científico.* Están presentes en la vida diaria y ayudan al hombre de modo individual a desempeñar algún cometido particular. Muchos de ellos son cotidianos (p. ej., catavinos), otros son más especializados (p. ej., antejo terrestre, cámara fotográfica).

9. *Instrumentos recreativos.* Se caracterizan por su finalidad lúdica (p. ej., vaso de Tántalo, estereoscopio). Estos instrumentos, que se fundamentan en principios y leyes de la ciencia, hacen sugestiva una disciplina rigurosa como la física. Por este motivo, su presencia en los centros escolares fue bienvenida como recurso didáctico, impulsada por los fabricantes y libros de texto.

10. *Modelo didáctico.* Si bien es verdad que un modelo tecnológico tiene una intencionalidad didáctica evidente, es la versión de gabinete de una máquina (p. ej., prensa hidráulica, torno, bomba aspirante-impelente). En cambio, un modelo didáctico, que normalmente es de mayor tamaño que el original, no suele referirse a maquinaria técnica (p. ej., modelo de marcha de los rayos en lentes, modelo de vernier circular) y cuando lo hace, se centra en alguna pieza particular del mecanismo (p. ej., modelo de bobinado de tambor en madera, modelo de pistón monocara).



Fig. 1. Espejo ustorio.

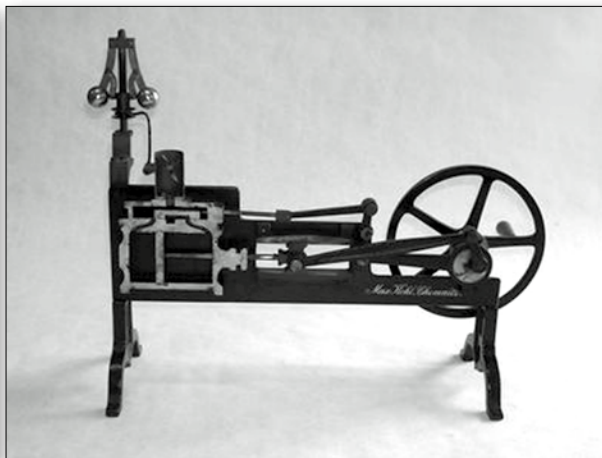


Fig. 2. Modelo de máquina de vapor.

Aplicación de las categorías

En la tarea de clasificación de un instrumento a veces puede presentarse algún caso dudoso.⁷ En principio nada excluye asignar el instrumento a más de una categoría, aunque aquí, para simplificar, hemos

7. Por ejemplo, la botella de Leyden es fuente de electricidad, por lo que puede clasificarse como «de producción de agentes físicos». Pero en la práctica, cuando se quiere suministrar electricidad, suele emplearse una máquina electrostática y, por tanto, hemos preferido situar la botella de Leyden como instrumento «de estudio y demostración». Otras veces se presentan casos en los que, según la función desempeñada por el aparato, puede clasificarse de una manera u otra. Así, hemos clasificado la lámpara de petróleo como instrumento «de producción de agentes físicos» porque se utilizaba como fuente de luz en bancos de óptica. Otro ejemplo, la linterna de proyección ¿es recreativa o más bien de uso no científico? Normalmente podrá ser clasificada como recreativa, pero si va acompañada de diapositivas escolares indica que se utilizó como instrumento (no científico) de clase.

preferido asignarlo a la más característica. Es consustancial de determinados tipos, como los «de producción de agentes físicos», «de uso no científico» o «recreativos», que puedan ser vistos también como «de demostración», ya que ejemplifican algún principio o fenómeno físico. Lo que ocurre es que estos instrumentos añaden a la característica general «de demostración» otra más específica, que es la que marca su distinción. De todos modos, ante la duda, un recurso efectivo es comprobar en los manuales el papel que normalmente desempeña cada uno.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la clasificación de las distintas colecciones se han distribuido en tablas, donde figuran los porcentajes de cada tipo de instrumento (todas las tablas se encuentran en el anexo). Hemos preferido, sin embargo, visualizar estos datos en diagramas de barras, ya que así se destaca mejor el perfil característico de la colección. En los diagramas se han recogido, bajo la denominación de «otros», las cuatro últimas categorías. En el caso de nuestro estudio son poco significativas, pues ninguna contribuye a definir el perfil característico de una colección, pero no cabe duda de que puedan serlo en cualquier otro trabajo sobre el tema.

Gabinetes

Se han recogido los resultados obtenidos de: la lista de instrumentos de 1846 del Ministerio, Instituto de San Isidro, Instituto de Granada, Escuela Normal de Granada, Instituto de León y Universidad de Salamanca. Los datos figuran en la tabla 1 del anexo. Puesto que el perfil tipológico es similar, aquí se representa solo uno de ellos (fig. 3).

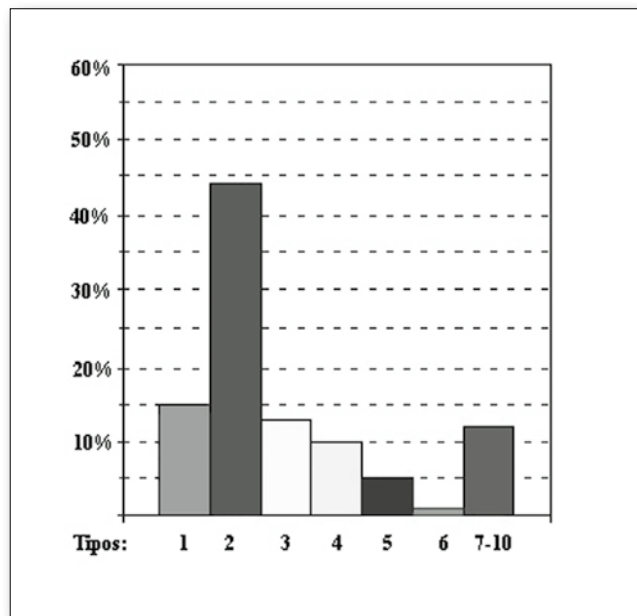


Fig. 3. Distribución de los instrumentos del Instituto de Granada (los tipos se numeran como se vio en el apartado anterior).

Manuales

Los manuales revisados han sido los de Beudant (1841), González Valledor y Chávarri (1848) y Ganot (1854). Los datos figuran en la tabla 2 del anexo. Aquí se representa la distribución de uno de ellos (fig. 4).

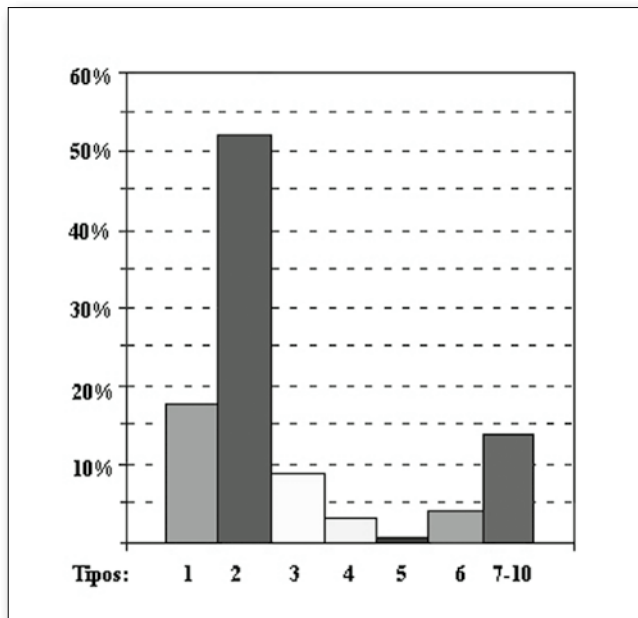


Fig. 4. Distribución de los instrumentos que aparecen en el Ganot.

Centros de investigación

Se dan los resultados de la colección del Observatorio de Cartuja de Granada (fig. 5 y tabla 3, anexo).

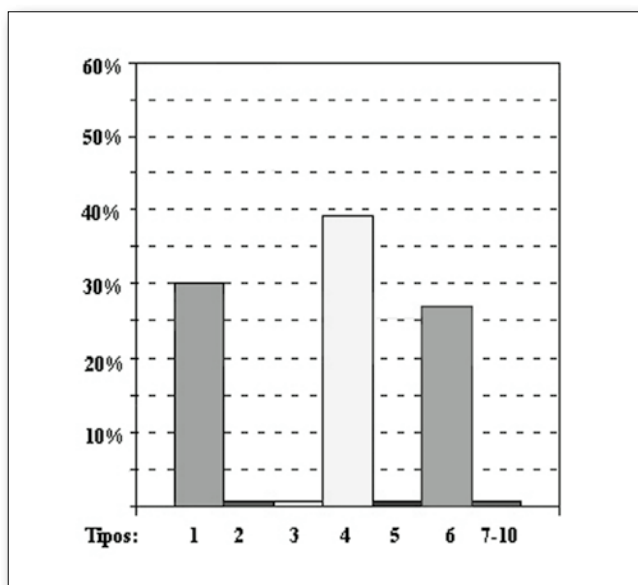


Fig. 5. Distribución de los instrumentos del Observatorio de Cartuja.

Centros escolares modernos

Se ha estudiado el material del armario «Torres Quevedo» y el de las cajas de ENOSA. Los datos figuran en la tabla 3 del anexo. Aquí se representa la distribución de ENOSA (fig. 6).

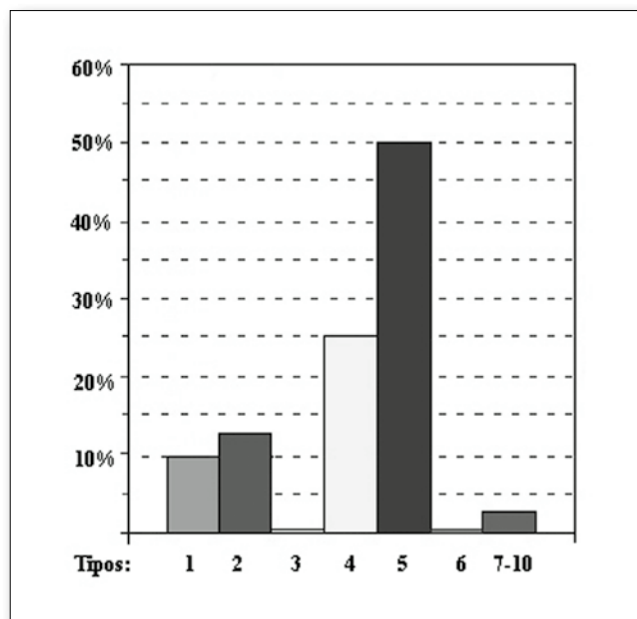


Fig. 6. Distribución por categorías del material de ENOSA (elemental).

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Colecciones de gabinete

La distribución por categorías de los instrumentos de gabinete muestra puntos de semejanza muy característicos (tabla 1 en anexo). Se concretan en una abundancia muy acentuada de aparatos de estudio y demostración (siempre >40%), ocupando el segundo lugar, a considerable distancia (aprox. 15-20%), los instrumentos de medida, indispensables para prácticas cuantitativas. Un escalón más abajo están los instrumentos/modelos tecnológicos, que responden a la atención prestada por los programas a los avances de la tecnología, y los instrumentos auxiliares, ambos casi a la par. Como bien se observa en el diagrama de barras de la figura 3, este perfil, con un máximo muy destacado de aparatos de estudio y demostración, es típico de las colecciones escolares.

Por otra parte, la colección propuesta por el Ministerio muestra una distribución muy semejante a las colecciones escolares. Destaca particularmente el muy estrecho parecido con la del Instituto San Isidro, procedente de la misma época. La semejanza de las colecciones de los institutos históricos puede explicarse por tener como raíz común la lista propuesta en 1846 por el Ministerio (Pérez-Dionis, 2009; AA. VV., 2008). Roc y Miralles (1996: 63) han señalado esta similitud cotejando los catálogos de 1885 del Instituto San Isidro de Madrid con los del Francisco Ribalta de Castellón. Las diferencias pueden ser atribuidas, entre otras causas, a la autonomía con la que cada centro completó sus colecciones, o las pérdidas ocasionadas con el paso del tiempo.

Colecciones de manuales

La distribución de los instrumentos que aparecen en los manuales, tanto universitarios como de secundaria (Valledor), responde al mismo patrón en todos ellos (tabla 2), salvo alguna pequeña discrepancia muy puntual. Aparece (fig. 4) un porcentaje destacado de instrumentos de estudio y demostración, seguido por los instrumentos de medida y algo menos por los tecnológicos. Ya en porcentajes más discretos (<10%) siguen los demás tipos. A veces, una baja en los de estudio y demostración viene compensada con un alza en tecnológicos y de uso no-científico (cotidianos), lo que revela una atención a las realizaciones de la ciencia en pro de la sociedad («ciencia útil»). Otra faceta, que sin ser estrictamente académica no es desatendida, es la de lo recreativo, terreno en el que Beudant destaca con un 7%.

Colecciones de gabinetes-Colecciones de manuales

Vistos los datos anteriores, podemos sacar una conclusión importante: el perfil de distribución de las colecciones de gabinete y de los instrumentos que aparecen en manuales es casi idéntico (comparar figs. 3 y 4). Dicho esto, también pueden señalarse algunas pequeñas diferencias entre las distribuciones (véase Instituto de Granada y Ganot en las tablas 1 y 2):

- Los instrumentos auxiliares son más abundantes en gabinetes (10%) que en manuales (3%). Lo mismo ocurre con los instrumentos multiuso (5 y 0%). Esto puede considerarse normal, habida cuenta de que los manuales no suelen considerar lo accesorio.
- Los gabinetes muestran un menor porcentaje de instrumentos de medida (15%) que los manuales (18%), ya que estos se esfuerzan en presentar todos los modelos de los aparatos, algunos de gran precisión, en contraste con el material sencillo de un centro escolar.
- Los modelos didácticos aparecen en gabinetes, mientras que, como es normal, no se encuentran en manuales (1 y 0%). Todo lo contrario ocurre en cambio con los de investigación (1 y 4%):

Colecciones de centros de investigación

El material de un centro de investigación, como el Observatorio de Cartuja, responde a un patrón totalmente diferente (tabla 3). Aparecen destacados los aparatos de medida (34%), auxiliares (39%) y de investigación (27%), estando ausentes los de las restantes categorías. Así pues, el contraste con la distribución típica de un gabinete escolar, con un máximo de instrumentos de estudio y demostración (aquí ausentes), es marcadamente acentuado (figs. 3 y 5).

Colecciones de laboratorio escolar moderno

Los equipos modernos, de carácter modular, marcan un nuevo perfil de distribución del material de laboratorio (fig. 6). Tanto el armario «Torres Quevedo» como las cajas de ENOSA (tabla 3) muestran una distribución semejante, con un predominio abrumador de instrumentos multiuso (aprox. 50%), esto es, piezas que permiten montajes diversos. Igualmente y de forma destacada, encontramos instrumentos de tipo auxiliar. Siguen los instrumentos de estudio y demostración y los instrumentos de medida (sin rebasar ninguno el 15%). El resto de los tipos, prácticamente inexistente.

Colecciones híbridas

Conviene subrayar que perfiles como los anteriores son prototípicos, pues hemos llegado a ellos eligiendo colecciones que reúnen características muy definidas. Por tanto, en la práctica podemos encontrarnos con colecciones que muestren rasgos intermedios a los anteriores. Así, por ejemplo, hemos estudiado el inventario de la colección actual del Departamento de Química-Física (Farmacia) de la Universidad de Granada (Sánchez y García, 2007), que muestra un perfil con los tres picos característicos de un laboratorio de investigación (instrumentos de medida, auxiliares y de investigación), más un cuarto, típico de laboratorio moderno, con material modular correspondiente a instrumentos multiuso (tabla 3).

ALGÚN APUNTE SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN EL PASADO

A comienzos del siglo XVIII, el método memorístico impregnaba toda la enseñanza sin que la física, entonces filosofía natural, fuera una excepción. La situación comienza a cambiar con el advenimiento de la física experimental, que planteó seriamente la necesidad de un tipo de enseñanza coherente con la orientación de la nueva disciplina. Aunque en general este objetivo estuvo lejos de conseguirse, sí estuvo, al menos, presente como ideal a alcanzar. De todos modos, el espíritu crítico con que irrumpe la nueva física se fue atenuando con el transcurso del tiempo, dejando paso en la segunda mitad del siglo XIX a una enseñanza más descriptiva (Balpe, 2002a: 968 y ss.).

Los datos recogidos del análisis que hemos efectuado de colecciones escolares y libros de texto apuntan algunos rasgos que la enseñanza de la física presentaba. Así, el predominio de instrumentos de estudio y demostración es indicio de una enseñanza menos libresca y más atenta a lo empírico, que potenciaba los experimentos ilustrativos para justificar las leyes y teorías.

La destacada presencia de instrumentos de medida, puesta también de relieve en nuestro trabajo, responde a otra característica ya indicada de la física experimental, que es prestar atención al estudio numérico de los fenómenos. Los mismos experimentos ilustrativos requieren este tipo de instrumentos cuando se trata de comprobar leyes cuantitativas.

Otra cosa es que tales experimentos fuesen verdaderamente realizados. Algunos autores (p. ej., Brenni, 2012: 200-201; Balpe, 2002b) sugieren que lo habitual era enseñar a los alumnos los instrumentos y describir su funcionamiento sin llevar a cabo la menor experiencia. Y en el caso más favorable, aunque poco frecuente, de que se realizara la demostración, esta correría a cargo del catedrático mientras los alumnos observaban. Es significativa al respecto la unicidad de instrumentos en las colecciones de gabinete, donde raramente se encuentran instrumentos duplicados.⁸

En España, todavía a finales del siglo XIX, el memorismo aún dominaba la enseñanza de las ciencias. Tratando de dar mayor consideración a lo procedimental, se publica un Decreto (Ministerio, 1898) que dispone para los exámenes de física, química y técnica que

Siempre que sea posible, se procurará hacer los exámenes de estas asignaturas en los Gabinetes o Laboratorios, o tener a la vista los aparatos de mas corriente uso para que el alumno pueda referirse a ellos y señalar sus aplicaciones cuando sus respuestas lo requieran (p. 1137).

Con el cambio de siglo se cuestiona la organización de la enseñanza experimental hasta entonces mantenida y se trata de acercar la experimentación a los alumnos. Se comienza poco a poco con los

8. En la misma lista de 1846 del Ministerio, de los 153 instrumentos solo en algunos casos se encuentran repeticiones (p. ej., «dos botellas de Leyden») y en casi todos ellos es necesaria esa duplicidad para realizar una experiencia (p. ej., «dos barras magnéticas»).

instrumentos de medida. Sin descartar incluso, como hace el Instituto-Escuela (creado en 1918), la utilización de material alternativo construido por los propios alumnos (López Martínez, 1997). José Estalella, miembro destacado de la institución, señalaba que debían superarse

... los tiempos de las solemnes clases experimentales, de cuatrocientos alumnos pasivamente sentados, lecciones consistentes en elocuentes piezas oratorias, y profesores de traje de etiqueta y aires de mago o prestidigitador. ¡Estériles lecciones ampulosas! Estudios sin nervio, limitados a «comprobar» de vez en cuando en mediocres y aún pésimos instrumentos, con inhábiles manos los resultados de un razonamiento (Estalella, 1925: 640).

En definitiva, las experiencias de cátedra terminan dejando paso a un modelo de prácticas más parecido al actual, en el que, en teoría, los alumnos asumen protagonismo en la manipulación de los instrumentos y en la extracción de conclusiones.

Otro dato de nuestra investigación que conviene valorar es el referente a los instrumentos recreativos. Minoritarios pero siempre presentes, las experiencias llevadas a cabo con ellos es de suponer que fueran acogidas de forma especialmente favorable, haciendo un paréntesis en la exposición de programas extraordinariamente densos y conceptualmente complicados. Lo mismo se podría decir de los instrumentos tecnológicos o de los de uso no-científico. Las aplicaciones a la industria y a la vida cotidiana hacían ver, igual que hoy, que la física no era solo un cuerpo de doctrina teórico desconectado de la realidad.

Lo que puede ser inesperado es la presencia de instrumentos de investigación en un centro de enseñanza secundaria. Aunque ello no implica que fueran empleados con tal fin, hay casos en los que esto sí parece probado.⁹ Por el contrario, en los manuales es normal la presencia de estos instrumentos, ya que trataban de recoger cualquier innovación que marcara el progreso de la ciencia. Esto transmitía a los estudiantes la idea de una física en permanente evolución, contra la concepción estática del conocimiento que ha sido muy común en épocas relativamente recientes.

CONCLUSIONES

El presente trabajo se ha centrado en el estudio de las colecciones escolares de instrumentos de física en el pasado. De ellas se ha incidido particularmente en la distribución tipológica de los instrumentos componentes, lo que ha permitido determinar el perfil de la colección. Bajo una perspectiva histórica se ha mostrado cómo la irrupción de la física experimental provoca la incorporación de instrumentos a la enseñanza y el consiguiente surgimiento de los gabinetes escolares. Se ha señalado igualmente el decisivo impulso del Plan Pidal para la nueva física en España, en el marco de una reforma educativa que fue de enorme trascendencia.

Para el estudio de las colecciones se ha puesto a punto un esquema clasificatorio de los instrumentos basado en categorías de trasfondo didáctico. Tras ser aplicado a diversas colecciones, hemos hallado que todas las colecciones escolares responden a un perfil de distribución muy similar. Analizando de la misma manera el conjunto de instrumentos que aparecen en los manuales, dan un perfil semejante al de las colecciones escolares, lo que confirma la estrecha vinculación entre gabinetes y manuales. Por otra parte, realizada la misma operación para un laboratorio de investigación, su distribución de

9. Así, en muchos institutos históricos hay instrumentos de meteorología (barómetros, barógrafos y otros instrumentos de precisión) que fueron utilizados para cumplir una disposición ministerial (Ministerio, 1854) que instaba a las universidades e institutos a que se encargaran de las observaciones meteorológicas en todo el país. Para esta labor se envió a estos centros el material necesario, las instrucciones de montaje y con las instrucciones de montaje y toma de datos, y se responsabilizó a los catedráticos de física de tales funciones.

instrumentos marca un fuerte contraste con la de las colecciones anteriores, predominando ahora otras categorías. Por último, se ha comprobado que las colecciones escolares modernas, basadas en material modular, hacen aparecer un nuevo perfil tipológico.

En cuanto a las características de la enseñanza de la física en el pasado, hemos podido también aportar algunos rasgos distintivos. Del predominio de determinadas categorías sobre otras pueden derivarse importantes conclusiones. Así, la mayor presencia de instrumentos de estudio y demostración, base de los experimentos ilustrativos, junto a la de instrumentos de medida, es indicio de una enseñanza que prestaba atención a lo experimental. Aunque en la práctica estuviera reducida, como máximo, a las experiencias de cátedra, la dependencia absoluta del libro de texto se vería, al menos, atenuada. Otro rasgo de interés puesto de relieve se deriva de la existencia de instrumentos tecnológicos, de uso no científico y recreativos, que mostraban la utilidad de la disciplina y la conectaban con la realidad. Es el precedente de lo que hoy se conoce como ciencia contextual.

En resumen, aparte de algún apunte sobre la enseñanza de la física en el pasado, hemos puesto de manifiesto tres perfiles de distribución prototípicos que pueden servir de guía para caracterizar una determinada colección de material experimental de física: 1) perfil de gabinete/libro de texto; 2) perfil de laboratorio de investigación; 3) perfil de laboratorio escolar moderno.

Somos conscientes de que para consolidar aún más las conclusiones hubiera sido deseable añadir algunas colecciones más a nuestro trabajo, lo cual no es siempre fácil. No obstante, con lo estudiado se dibujan muy nítidamente las tendencias que hemos señalado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AA. VV. (2008). Historia de un olvido: Patrimonio en los centros escolares. *Participación Educativa*, 7.
- BALPE, C. (2002a). Les incertitudes des debuts de la physique scolaire. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 96, pp. 963-975.
- BALPE, C. (2002b). Expérience, démonstration et instrumentation, dans les lycées au XIX^e siècle. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 96, pp. 1131-1146.
- BEUDANT, F. S. (1841). *Tratado elemental de física*, 3.^a ed. Madrid: Imp. de Arias.
- BRENNI, P. (2012). The evolution of Teaching Instruments and Their Use Between 1800 and 1930. *Science & Education*, 21(2), pp. 191-226.
- BUCHWALD, J. Z. y HONG, S. (2003). Physics. En D. Cahan (ed.). *From Natural Philosophy to the Sciences*. Chicago: University of Chicago Press, pp. 163-195.
- CHOPPIN, A. (2000). Los manuales escolares de ayer a hoy: el ejemplo de Francia. *Historia de la Educación*, 19, pp. 13-37.
- DESPRETZ, C. (1839). *Física experimental (I y II)*. Madrid: Lib. Vda. de Callejas.
- ENOSA (1963). *Manual de experiencias de Mecánica*, Equipo modelo EB. 61-08. 3.^a ed. Madrid: Empresa Nacional de Óptica.
- ESTALELLA GRAELLS, J. (1925). La simplificación del material escolar de Física y Química. *Revista de Segunda enseñanza*, 21, pp. 563-588. (Reproducido en *Enseñanza Media*, 80-83, pp. 635-660, 1961).
- FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, M. (2005). Contenidos procedimentales en los textos de física del siglo XIX. *Enseñanza de las Ciencias*, n.º extra, pp. 1-4.
- GANOT, A. (1854). *Traité Élémentaire de Physique expérimentale et appliquée et de Météorologie*, 3.^e ed. París: Chez l'Auteur, Éditeur.
- GONZÁLEZ VALLEDOR, V. y CHAVARRI, J. (1848). *Programa de un curso elemental de Física y nociones de Química para el uso de los alumnos de quinto año de Filosofía*. Madrid: Imp. de J. García.
- GUIJARRO MORA, V. (2002). *Los instrumentos de la Ciencia Ilustrada, Física Experimental en los Reales Estudios de San Isidro de Madrid (1770-1835)*. Madrid: UNED.
- HEERING, P. y WITTJE, R. (eds.) (2012). The History of Experimental Science Teaching. *Science & Education*, 21(2).

- HOME, R. W. (1992). The Notion of Experimental Physics in Early Eighteenth-Century France. En R.W. Home. *Electricity and Experimental Physics in 18th-Century Europe*. Aldershot, Hampshire: Variorum, pp. VII 107-131.
- HULIN, N. (1992). Caractère expérimental de l'enseignement de la physique. XIX^{ème}-XX^{ème} siècles. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 86(11), pp. 1403-1414.
- INSTITUTO DE LEÓN (1859). *Memoria leída en la inauguración del curso 1859-60 por D. Aquilino Rueda*. León: Imp. M.G. Redondo.
- LÓPEZ GARCÍA, J. M. (1994). *El saber tecnológico en la política industrial del primer franquismo* (Tesis doctoral). Madrid: Universidad Complutense.
- LÓPEZ MARTÍNEZ, J. D. (1997). El Instituto-Escuela de Madrid y el cambio en la concepción del trabajo práctico en la enseñanza de la física y química. *Enseñanza de las Ciencias*, n.º extra, pp. 407-408.
- LÓPEZ RODRÍGUEZ, M. A. (1979). *La Escuela Normal de Granada 1846-1970*. Granada: Universidad de Granada.
- MARÍN LÓPEZ, R. (1990). El Instituto «Padre Suárez» de Granada: Algunos datos para su historia. Hespérides, Asociación de Profesores de Geografía e Historia de Andalucía. *Actas del IX Congreso de profesores investigadores*. El Ejido (Almería), pp. 479-488.
- MINISTERIO DE GOBERNACIÓN (1845). Real Decreto de 17-09-1845. *Gaceta* 4029, pp. 1-5.
- MINISTERIO DE GOBERNACIÓN (1846a). Resolución de 01-08-1846 de la Dirección General de Instrucción Pública, publicando los programas para las asignaturas de filosofía. *Boletín Oficial de Instrucción Pública*, 6, 16, pp. 104-112.
- MINISTERIO DE GOBERNACIÓN (1846b). Real Orden Aprobando las listas de obras de texto presentadas por el Consejo de Instrucción Pública. *Colección legislativa de España*, 1846, XXXVIII, pp. 247-256.
- MINISTERIO DE GOBERNACIÓN (1846c). Dirección General de Instrucción Pública. Circular de 15-09-1846 Previendo que los institutos se provean de los instrumentos necesarios para la explicación de las ciencias físicas y naturales. *Colección legislativa de España*, 1846, XXXVIII, pp. 354-365.
- MINISTERIO DE COMERCIO, INSTRUCCIÓN Y OBRAS PÚBLICAS (1848). Real Orden de 02-03-1847: Parte dado por el Director de Instrucción Pública de las compras de efectos para uso de las Universidades que se verificó en París. *Boletín Oficial del Ministerio de Comercio, Instrucción y Obras Públicas*, I, pp. 25-28.
- MINISTERIO DE GRACIA Y JUSTICIA (1854). Real Orden de 28-12-1854. *Gaceta* 728, pp. 1-2.
- MINISTERIO DE FOMENTO (1898). Real Decreto de 13-09-1898. *Gaceta* 257, CCXXXVII, III, pp. 1133-1138.
- MORENO GONZÁLEZ, A. (1988). *Una ciencia en cuarentena*. Madrid: CSIC.
- NOLLET, J. A. (1743-1748). *Leçons de physique expérimentale (I-VI)*. París: Chez Guérin. (Trad. esp. 1757, *Lecciones de física experimental*. Madrid: Imp. Ibarra).
- NÚÑEZ RUIZ, D. (1975). *La mentalidad positiva en España: desarrollo y crisis*. Madrid: Tucur Ediciones.
- PÉREZ-DIONIS, D. (ed.) (2009). *El patrimonio educativo de los Institutos Históricos*. II Jornadas nacionales. San Cristóbal de la Laguna: Gobierno de Canarias.
- ROC ADAM, M. A. y MIRALLES CONESA, L. (1996). La Física y Química en la enseñanza secundaria durante la segunda mitad del siglo XIX. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 10, pp. 35-63.
- RUIZ CASTELL, P., SIMÓN CASTELL, J. y BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R. (2002). Los fabricantes de instrumentos de la Universitat de València. En Bertomeu, J. R. y García Belmar, A. (eds.). *Abriendo las cajas negras*. Valencia: Universidad de Valencia, pp. 367-380.
- SÁNCHEZ RON, J. M. (1992). Las ciencias físico matemáticas en la España del siglo XIX. *Ayer*, 7, pp. 51-84.

- SÁNCHEZ TALLÓN, J. (2008). El patrimonio científico de los centros educativos. El gabinete de física de la Escuela Normal de Maestros de Granada. *Actas del Congreso Internacional de Patrimonio y Expresión Gráfica*. Granada: Universidad de Granada, pp. 862-879.
- SÁNCHEZ TALLÓN, J. (2011). *Los instrumentos de física en los manuales y en los gabinetes del s. XIX en España. Estudio de caso: el gabinete del IES «P. Suárez» de Granada*. Tesis Doctoral. Granada: Universidad de Granada.
- SÁNCHEZ, J. y GARCÍA, R. (2007). *Inventario de Instrumentos Científicos y Técnicos del Patrimonio de la Universidad de Granada*. Granada: Universidad de Granada.
- SEBASTIÁN, A. (ed.) (2000). *Instrumentos científicos para la enseñanza de la física*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- SENDRA MOCHOLÍ, C., CATALÁ GORGUES, J., GARCÍA BELMAR, A. y BERTOMEU SÁNCHEZ, J. R. (2001). Los instrumentos científicos de la Universidad de Valencia: primeros resultados de un catálogo de la cultura material de la ciencia. *Cronos*, 4, pp. 29-61.
- SIMON, J. y CUENCA-LORENTE, M. (2012). Science Education and the Material Culture of the Nineteenth-Century Classroom: Physics and Chemistry in Spanish Secondary Schools. *Science & Education*, 21(2), pp. 227-244.
- SOLÍS, C. y SELLÉS, M. (2005). *Historia de la ciencia*. Madrid: Espasa-Calpe.
- TEN, A. E. (1991). *La Física Ilustrada*. Madrid: Akal.
- TURNER, G. L. E. (1983). *Nineteenth-Century Scientific Instruments*. Londres: Sotheby's Publications.
- UNIVERSIDAD DE SALAMANCA (1860). *Anuario de la Universidad de Salamanca para el curso 1859-60*. Salamanca: Imp. T. Oliva.

ANEXO

Tabla 1.
Distribución de instrumentos de colecciones de gabinete

Tipo de instrumento	Ministerio N (%)	Inst. S. Isidr. N (%)	Inst. Gr. N (%)	Esc. N. Gr. N (%)	Inst. León N (%)	U. Salam. N (%)
1. Medida	23 (15%)	69 (16%)	61 (15%)	25 (14%)	21 (23%)	58 (20%)
2. Estudio y Dem.	92 (60%)	249 (58%)	176 (44%)	76 (42%)	49 (54%)	139 (47%)
3. Tecnológ./Mod.	14 (9%)	29 (7%)	52 (13%)	25 (14%)	4 (4.5%)	25 (8%)
4. Auxiliar	8 (5,5%)	22 (5%)	39 (10%)	22 (12%)	5 (5.5%)	27 (9%)
5. Multiuso	3 (2%)	6 (1%)	19 (5%)	5 (3%)	0	5 (2%)
6. Investigación	0	0	3 (1%)	0	0	0
7. Prod. agentes fis.	7 (4,5%)	23 (5,5%)	22 (5%)	11 (6%)	8 (9%)	17 (6%)
8. Uso no-cient.	3 (2%)	18 (4%)	10 (2%)	5 (3%)	3 (3%)	9 (3%)
9. Recreativo	3 (2%)	11 (3%)	17 (4%)	3 (2%)	1 (1%)	14 (5%)
10. Mod. didáctico	0	2 (0,5%)	4 (1%)	7 (4%)	0	0
N total	153	429	403	179	91	294

Tabla 2.
Distribución de instrumentos en manuales

Tipo de Instrumento	Beudant N (%)	Valledor N (%)	Ganot N (%)
1. Medida	23 (24%)	27 (17%)	49 (18%)
2. Estudio y Dem.	43 (45%)	78 (49%)	144 (52%)
3. Tecnológ./Mod.	8 (8%)	18 (11%)	24 (9%)
4. Auxiliar	3 (3%)	6 (4%)	8 (3%)
5. Multiuso	0	1 (1%)	0
6. Investigación	1 (1%)	8 (5%)	11 (4%)
7. Prod. agentes fís.	7 (7%)	12 (8%)	17 (6%)
8. Uso no-cient.	5 (5%)	4 (3%)	10 (4%)
9. Recreativo	7 (7%)	4 (3%)	11 (4%)
10. Mod. didáctico	0	0	0
N total	96	158	274

Tabla 3.
Distribución de instrumentos del Observatorio de Cartuja,
Torres Quevedo, ENOSA (elemental) y Dpto. de Química-Física (Granada)

Tipo de Instrumento	Obs. Cart. N (%)	Torres Qu. N (%)	ENOSA N (%)	Dpto. Q-F N (%)
1. Medida	15 (34%)	7 (3%)	18 (10%)	90 (32%)
2. Estudio y Dem.	0	28 (10%)	22 (12%)	12 (4%)
3. Tecnológ./Mod.	0	0	0	2 (1%)
4. Auxiliar	17 (39%)	103 (37%)	45 (25%)	46 (16%)
5. Multiuso	0	134 (48%)	92 (50%)	67 (24%)
6. Investigación	12 (27%)	0	0	55 (20%)
7. Prod. agentes fís.	0	4 (1,5%)	6 (3%)	8 (3%)
8. Uso no-cient.	0	1 (0,5%)	0	0
9. Recreativo	0	0	0	0
10. Mod. didáctico	0	0	0	1 (0%)
N total	44	277	183	281

SCIENTIFIC INSTRUMENTS IN PHYSICS CABINETS: CLASSIFICATION AND COMPARATIVE STUDY

Manuel Fernández-González

mfgfaber@ugr.es

Jesús Sánchez-Tallón

jestallone@gmail.com

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales
Universidad de Granada.

This research project analysed collections of scientific instruments found in physics cabinets in academic institutions in 19th century Spain. Complementary information on the history of physics, education legislation, and textbooks was also used.

The first step was to make an inventory of the different collections and to categorize each instrument. A classification system based on didactic criteria was applied. This classification system is different from the traditional classification of physics domains. The system focused on teaching, and the categories in the system profile and didactic function of the instruments. For this purpose, it was often necessary to consult physics textbooks from the 19th century which provided information on the experimental nature of the subject matter, including engravings as well as the description of experiments. Our classification system consisted of ten instrument categories: (i) measuring instruments; (ii) study and demonstration instruments; (iii) technological instruments; (iv) auxiliary instruments; (v) multi-purpose instruments; (vi) research instruments; (vii) instruments that produce physical agents; (viii) instruments for non-scientific use; (ix) recreational instruments and (x) didactic models.

The research focused on the entire collection, rather than on individual instruments. Accordingly, after categorizing the instruments, they were then distributed according to type. Bar charts were used to reflect the percentage of each instrument type in the collections studied. The typological profile of each collection was generated (see Figs. 3-6). This profile defines the instrument characteristics in each collection.

It was noticed that the scientific collections all conformed to a similar typological profile (Fig. 3). Specifically, all of the cabinets were found to have a high percentage of study and demonstration instruments. Measuring instruments were the second most common instrument type, followed by technological instruments and auxiliary instruments. A similar study was performed on the instruments depicted in 19th century physics textbooks. The profile obtained (Fig. 4) was similar to the instrument collections in the physics cabinets. This confirmed the close relationship between 19th century physics cabinets and physics textbooks.

As a contrast, science instruments in research laboratories and modern school laboratories were also studied. The distribution of instruments was markedly different from the distribution profile to the instrument collections in 19th century physics cabinets. The research laboratory profile was characterized by a predominance of measuring instruments, auxiliary instruments, and research instruments. There were almost no instruments in the other categories (Fig. 5).

Scientific instruments in modern school laboratories reflect today's teaching tendency towards multifunctional components rather than the instrument in itself. These components can be used to construct various instruments. Therefore, laboratory material in modern schools has a new profile in which 50% or more are multi-purpose instruments (Fig. 6).

Based on the results, distinctive features of physics education in the 19th century could be inferred. The predominance of study and demonstration instruments (generally used in illustrative experiments) as well as measuring instruments in modern physics classrooms reflects a teaching method that places a high value on experimental aspects. However, in practice, this value remains a goal that has not become a reality.

This study highlights the fact that only one instrument type was located in each collection, suggesting that the teacher performed laboratory experiments. Certain examination papers of the time show that experimental questions consisted of a description of instruments and did not require students to demonstrate their knowledge of how instruments were used. This reflects a teaching style based on textbook learning. In addition, the existence of technological instruments, instruments of non-scientific use, and recreational instruments show an interest in teaching the usefulness of physics and its connection with reality. This is the precedent to what it is known today as contextual science.

To summarize, apart from a hint of how physics was taught in the past, this research reflects three prototypical distributional profiles that characterize collections of experimental material in physics classrooms: (1) the textbook/physics cabinet profile; (2) the research laboratory profile and (3) the modern school laboratory profile.

Innovaciones didácticas
