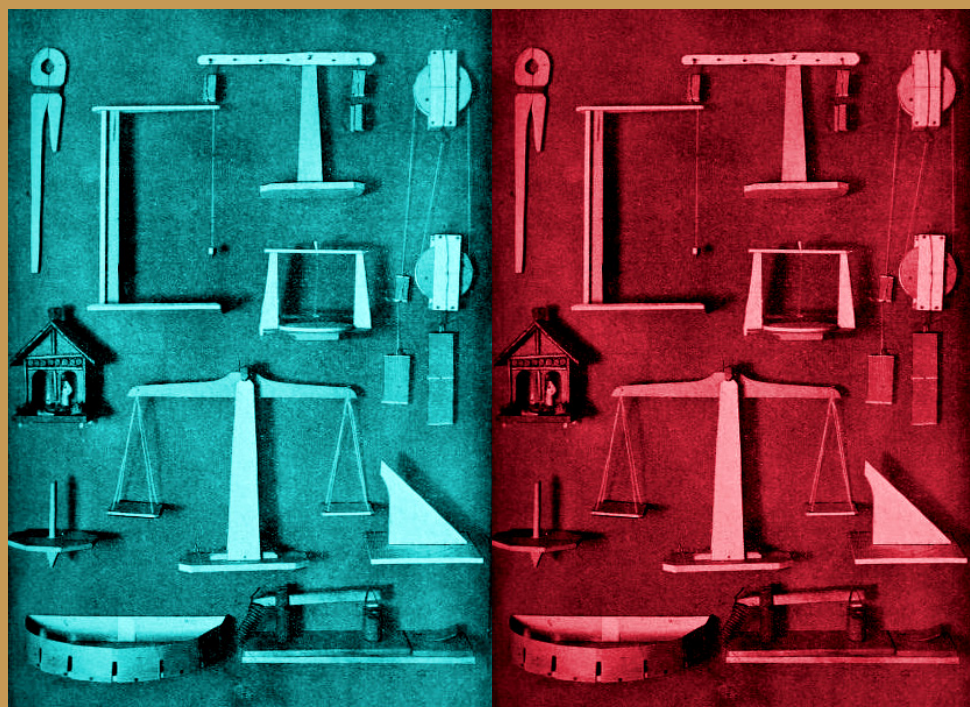

ARTEFACTOS Y ACCIÓN EDUCATIVA

VÍCTOR GUIJARRO MORA



ARTEFACTOS Y ACCIÓN EDUCATIVA

The Figuerola Institute
Programme: History of Universities

The Programme "History of Universities" of the Figuerola Institute of Social Science History –a part of the Carlos III University of Madrid– is devoted to improve the overall knowledge on the high-learning academic institutions, since their inception in the Late Middle Ages, until our days. The Programme uses an interdisciplinary approach, and it is open to all branches of related knowledge, such as the history of institutions, of science, and of cultural and social events. A number of experts from several countries have participated in the Programme, bringing in their specialized knowledge and dedication to the subject of their expertise.

To give a better visibility of its activities, the Programme has published in its Book Series a number of monographs on the different aspects of its academic discipline.

Publisher:
Carlos III University of Madrid

Book Series:
History of Universities

Editorial Committee:
Manuel Ángel Bermejo Castrillo, *Universidad Carlos III de Madrid*
Gianpaolo Brizzi, *Alma Mater Studiorum - Università di Bologna*
Elena Hernández Sandoica, *Universidad Complutense de Madrid*
Françoise Hiraux, *Université catholique de Louvain*
Manuel Martínez Neira, *Universidad Carlos III de Madrid*

More information at www.uc3m.es/history_universities

ARTEFACTOS Y ACCIÓN EDUCATIVA

LA CULTURA DEL OBJETO CIENTÍFICO
EN LA ENSEÑANZA SECUNDARIA EN ESPAÑA
(1845-1930)

Víctor Guijarro Mora

DYKINSON
2018

Este libro ha sido realizado en el marco del proyecto de I+D+i HAR2014-54073-P, financiado por la Secretaría de Estado de Investigación del Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España, y titulado “Dinámicas de renovación educativa y científica en las aulas de bachillerato (1900-1936): una perspectiva ibérica”.

Historia de las Universidades, 44
ISSN: 1886-0710

© 2018 Víctor Guijarro Mora

Editorial Dykinson
c/ Meléndez Valdés, 61 – 28015 Madrid
Tlf. (+34) 91 544 28 46
E-mail: info@dykinson.com
<http://www.dykinson.com>

Preimpresión: TALLERONCE

ISBN – 978-84-9148-738-8
Depósito Legal – M-25043-2018

Versión electrónica disponible en e-Archivo
<http://hdl.handle.net/10016/27200>



Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 España

A Leonor y Celia, naturalmente

ÍNDICE

Introducción	13
1. La formación del objeto científico educativo	26
1. La prueba demostrativa	26
2. Perspectivas: pensamiento y acción	32
3. El debate en España	37
a. Ciencia recreativa	38
b. Metodología	41
c. Artes, oficios y manualismo	45
2. La mediación política	51
1. Introducción	51
2. Los instrumentos de la política liberal	53
a. El propósito de los recursos materiales	53
b. La provisión de los objetos	59
3. La visión liberal-metodológica: de los objetos a los procedimientos	64
a. El nuevo ideario	64
b. Propósitos	67
3. El fabricante mediador y la industria de la enseñanza científica	71
1. Introducción	71
2. Reproducción de estándares	72
3. Promoción social	78
a. Catálogos	79
b. Integración social y científica	80
4. Redes institucionales y comerciales	83
a. Proveedores de la administración	83
b. Intermediarios, representantes y agentes	85

4. Dinámicas de los gabinetes: la apropiación material	91
1. Introducción	91
2. Mecánicas administrativas y la forja de una colección. Primera etapa del gabinete (1845-1885)	94
3. Coleccionismo en crisis. Segunda etapa del gabinete (1886-1906)	103
4. Reactivación de los recursos materiales y control estatal. Tercera fase del gabinete (1907-1930)	111
a. El objeto ausente: el experimento del Instituto-Escuela	117
5. Profesores, instrumentos y formas de vida académica	120
1. Introducción: apropiación intelectual	120
2. La ordenación del gabinete: del almacén al museo	122
3. Viajes y exposiciones	127
4. Artefactos, proyectos estatales y rutinas	133
a. Tablas y meteoros: nuevos compromisos de los docentes	133
b. Un sistema universal y estatal de pesas y medidas	142
5. Artefactos frente a manuales	145
6. Los objetos en el aula	153
1. La experiencia del artefacto demostrativo	153
a. Experiencias y dogmas	153
2. La experiencia personal: replicabilidad y conocimiento tácito	160
3. El desmantelamiento del objeto prefabricado	164
a. Aulas activas	172
7. Artefactos y formación del imaginario científico: mediación y autoridad	178
1. Introducción: mediaciones e iconos	178
2. Asociaciones	179
a. Física, tecnología e industria	180
b. Física y medicina	186
3. Autoridad y formación del imaginario	188
a. Mundos proyectados y el principio de veracidad	188
b. Tecnología de la representación	189
c. Los fabricantes de la representación	191
d. Tecnología y educación	195
e. Pensamiento visual	200

8. Artefactos y formación del imaginario científico: la difusión de valores	203
1. Aparatos, cuerpos y mentes	203
a. Cuerpos, vigor físico y progreso social	203
b. Mentes: la medida de las capacidades y la integración socioeconómica	216
c. Los artefactos de la psicología experimental	219
Conclusiones	233
Bibliografía	239
Apéndice	269

INTRODUCCIÓN

Durante su consolidación a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX, los institutos de enseñanza secundaria participaron activamente en el movimiento cultural de las ciudades y fueron focos de asimilación de valores compartidos de la ciencia y la tecnología. En este proceso, una amplia gama de instrumentos y dispositivos, dedicados en principio a facilitar la adquisición de conocimientos, contribuyeron de una manera eficaz a la difusión de imágenes y patrones sobre la naturaleza y el mundo, así como a articular las políticas públicas educativas.

Con el fin de explorar los factores que acompañaron a la inserción de los objetos científicos en las aulas, así como los efectos que se derivaron de estas operaciones de apropiación, en este estudio contemplamos un triángulo de intereses compuesto por la Administración estatal, por la industria de material científico y por la acción de los docentes. Los gobiernos proporcionaban las estructuras materiales y formales para acoger las representaciones estandarizadas de la ciencia, que, procedentes de la industria, circulaban por diversos países. Los profesores, el tercer vértice del sistema, recibían unos recursos que podían ser un complemento o un desafío para unas rutinas ya consolidadas durante varios años de práctica docente.

La amplia disposición de productos en el mercado de la cultura científica representó una oportunidad para dotar de significado a los valores defendidos en las políticas educativas liberales. De esta forma, la posesión de aparatos en los gabinetes de los centros se asoció inmediatamente con el cumplimiento de este ideario, donde destacaba la oposición al intelectualismo y la promoción de la experiencia y la práctica. En España, el gobierno comenzó impulsando la inversión de sumas importantes de material en los centros de enseñanza, siguiendo para ello un catálogo modelo elaborado en 1847. De esta manera establecía, primero, las pautas que debía seguir la instrucción científica y, segundo, las bases para la participación de la red de institutos en los programas estatales de recolección de datos.

Pero la acción docente reveló algunos desajustes en la maquinaria político-industrial. En los procesos de aprendizaje y familiarización con los aparatos, los educadores reinterpretaban y extendían los propósitos originales revelados en las instrucciones de los manuales y catálogos de los fabricantes.

Los años clave de este cambio se sitúan en torno a 1880 en Europa y América, precisamente en un periodo en el que se está produciendo una crisis en el sostenimiento estatal del material de los gabinetes y está emergiendo paralelamente un interés creciente por los recursos visuales.

En la obra, una vez expuestos los componentes y propósitos de la maquinaria aludida, nos adentramos en el mundo y formas de vida académica de los profesores para identificar y describir los campos de intervención y acción que permitieron el planteamiento de novedades y la revisión del modelo estatal-industrial. Tareas que acompañaron a los esfuerzos por introducir en las aulas los procedimientos que anteponían los métodos y las rutinas a los objetos.

Cajal y Unamuno en sus relatos sobre su paso por los institutos de Huesca y Vizcaya, respectivamente, coinciden en su percepción general sobre las clases de física, que consistían según ellos en “juegos de manos”. Es una imagen ligada a una forma de transmitir los conocimientos científicos que consiste en asociar las explicaciones teóricas con la producción de fenómenos con un instrumento o una máquina. Junto a esta visión basada en la asimilación de unos conceptos mediante la pretendida verificación de sus resultados se fue abriendo paso otra en la que se insistía en el dominio de los procesos y los procedimientos, en el fomento de las habilidades analíticas y prácticas de los estudiantes. Esta segunda perspectiva fue promovida especialmente por los docentes y algunas instituciones en contra de las dinámicas asumidas en las políticas educativas e industriales. ¿En qué medida y en qué condiciones se integraron las nuevas perspectivas en los usos educativos en España y otros países? ¿Qué otros conocimientos e imágenes, derivadas del uso de los objetos científicos, se sumaron a la adquisición de las rutinas estructuradas en un programa? Para reponder a estas cuestiones partimos de los siguientes presupuestos. Primero, que la transmisión de los conocimientos está determinada por elementos explícitos (información codificada, herramientas y regulaciones normativas) e implícitos (habilidades adquiridas en el lento proceso de dominio íntimo de los materiales empleados en la transferencia de información y valores). Segundo, un enfoque integral de los objetos científicos, que aquí entendemos como cultural, en el que se contempla la influencia que los dispositivos materiales tienen en las representaciones que las personas se forman de la realidad. Dentro de este marco teórico presentamos seguidamente las divisiones a las que responde la obra.

Instrumentos de la política educativa

En el primer capítulo se narran las condiciones epistemológicas que acompañaron al proceso de admisión del objeto científico en el espacio educativo. La asociación entre materiales estandarizados, verdades incuestionables y demostraciones facilitó su aceptación en las aulas a mediados del siglo XIX. En torno a 1880 se introduce una novedad: no se trataba ya de verificar un principio, sino de conocer cómo se había llegado a una hipótesis o ley sencilla de la naturaleza. Los objetos en el nuevo marco constructivista cambian su significado. Al mismo tiempo, comienza a extenderse la idea de que el aprendizaje de la ciencia no consiste exclusivamente en la observación de realidades prefabricadas.

En el segundo capítulo se examinan los cometidos que los gestores gubernamentales asignaron a los gabinetes de objetos científicos presentes en los centros. En los elementos visibles de la política educativa, los planes de estudio, se repiten en la retórica que justifica su aplicación dos conceptos que se vinculan a la materialidad del gabinete y de la orientación de las enseñanzas: experimental y práctico. Gil de Zárate en *De la Instrucción Pública en España* (1855) se refiere a la promoción de los métodos experimentales; en planes y decretos posteriores, como, por mencionar algunos ejemplos, el de Orovio (1867), el de Chao (1873), el de Gamazo (1898), el de Alix (1900) y el de Callejo (1926), se habla de una enseñanza experimental y práctica. Además, el último insiste en la importancia de que los estudiantes realizaran “trabajos prácticos”. El propósito del estudio es determinar mediante la atención a la acción educativa el alcance de estos términos, teniendo en cuenta tanto presupuestos epistemológicos como morales y lúdicos.

Al examinar la intervención política se establece una distinción entre las mediaciones directas y las indirectas. A la primera división corresponden especialmente las acciones de Antonio Gil de Zárate, Director de Instrucción Pública, dependiente del ministro de Gobernación, cargo ocupado por Pedro José Pidal desde 1844 a 1847. Tenía como competencias las mejoras en la instrucción y centros de enseñanza, las bibliotecas, los archivos, los *gabinetes de ciencias*, los jardines botánicos, la expedición de títulos, la atención a los libros de texto, a las promociones... Gil de Zárate se implicó personalmente en la compra masiva de instrumentos para las universidades y los centros de secundaria porque estaba convencido de su valor en la transformación de unos estudios dominados aún, según pensaba, por los ecos de la mentalidad

del escolasticismo aristotélico. En la obra que escribió dedicada a rememorar los logros de su etapa, *De la Instrucción Pública en España* (1855, 3 volúmenes), se presentaba como el portador de los “elementos de la ilustración para mi patria”, aludiendo a los instrumentos adquiridos en París en noviembre de 1846.

En el apartado de los factores indirectos se contemplan numerosas medidas aprobadas por los sucesivos equipos ministeriales, como la distinción de categorías en los centros, la adscripción de los mismos a las diputaciones o a las universidades, los programas, los libros de texto... En particular, son importantes los mecanismos burocráticos establecidos para la solicitud de nuevas piezas. Algunas disposiciones contribuyeron a crear condiciones favorables para el movimiento de piezas en los gabinetes, como el Real Decreto del Ministerio de Fomento de 10 de agosto de 1877, según el cual podía dedicarse el 50% de los ingresos por tasas académicas a compra de material, así como la circular sobre un crédito extraordinario disponible para compra de material, de junio de 1906.

En el Sexenio Democrático, el acceso a puestos estratégicos de la política educativa de representantes del movimiento krausista significó una revisión de algunas posturas mantenidas en etapas anteriores. Cambios que en los temas que nos interesan se reflejaron en la promoción de materias e instituciones nuevas (Capitán, 2002, 271-286), con efectos en la Restauración y años posteriores. Además, como reconoce José Luis Abellán, “En algunas ideas clave del krausismo se daba ya el antecedente preciso que iba a llevar a ciertos desarrollos positivistas”. Fernando de Castro -discípulo de Giner de los Ríos-, que ocupó el puesto clave de rector de la Universidad de Madrid, emplea el concepto de Humanidad de su maestro en un sentido que le acerca a la “religión de la Humanidad”, según lo entendían los positivistas comteanos, es decir, desprovisto de connotaciones místicas y más próximo a una interpretación social y moral (Abellán, 1996, 439-440). La ciencia se había elevado a la categoría central de un ideario que fomentaba igualmente el pedagogismo, cuyos seguidores estaban convencidos de que los cambios y mejoras sociales dependían fundamentalmente de la educación. Hay que tener en cuenta dentro de este contexto el impacto cultural de las dos obras más representativas de Charles Darwin, *El origen de las especies* (1859) y *El origen del hombre* (1871), que favorecieron la articulación de sistemas conceptuales para entender tanto las causas de la degeneración como las del progreso de los colectivos humanos, y también para conocer los principios de la adaptabilidad de las

personas al entorno (estudiada en la psicología funcional). Estos enfoques junto con los procedentes de los estudios psicológicos basados en los resultados de la fisiología experimental proporcionaron nuevas herramientas para el análisis de los mecanismos del aprendizaje y para la renovación de la pedagogía.

La institución básica de la perspectiva krauso-positivista, que proporciona una plataforma institucional a los nuevos métodos y a la redefinición del objeto científico fue el Museo Pedagógico Nacional, promovido por la Institución Libre de Enseñanza. El Museo fue importante por su labor de mediación entre el gobierno y los centros de primaria y, en menor medida, secundaria, elaborando informes y asesorando sobre material científico y prácticas educativas. Fue un antecedente de los institutos psicotécnicos y del Instituto de Material Científico, creados en el siglo XX, este último como organismo estatal dedicada a la supervisión de las adquisiciones de material.

Durante la Restauración y la dictadura de Primo de Rivera nos encontramos, por tanto, con una suerte de eclecticismo metodológico, en el que se combina una perspectiva contemplativa e ilustrativa del objeto científico con otra en la que se insertan en las enseñanzas principios metodológicos junto con rutinas asociadas al uso de instrumentos de precisión. El estudio se detiene en el año 1930, ya que las diferentes medidas aprobadas durante la Segunda República¹ y la política de instrumentos científicos emprendida añaden elementos de discontinuidad significativos con respecto a los periodos anteriores.

Modelos de aprendizaje

El estudio de la intervención de los fabricantes en el mundo educativo es básico para comprender las vías de comunicación entre la comunidad de expertos y el público en general, e igualmente para conocer qué estereotipos se

1 Entre los factores que contribuyeron a la discontinuidad citada destacamos: la promoción de la escuela única, sistema reconocido en la Constitución (artículo 48); los intentos de ampliar el acceso a la segunda enseñanza (reducida al 2% de la población); el incremento en el número de establecimientos de segunda enseñanza; el laicismo y la descentralización; la promoción de determinadas metodologías educativas (aplicación del sistema cíclico, experimental e intuitivo, previsto en Plan de Bachillerato, orden de 28 de noviembre de 1932); la creación de la Inspección General de Segunda Enseñanza y de la Sección de Pedagogía en la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Madrid, etc; véase Pérez Galán ([1975] 2011, 117, 134-139 y 148-155) y Veá (2008).

construyeron sobre la ciencia y la tecnología. A estas parcelas teóricas está dedicado el tercer capítulo.

Diversos autores han destacado esta función de la industria del objeto científico: Thomas L. Hankins, Albert van Helden, Robert J. Silverman y Luc Pauwels². Este último alude a los procesos que intervienen en la creación de un producto representacional, idea que puede aplicarse tanto a los artefactos científicos como a las placas de proyección. En estos mecanismos, los técnicos u otros profesionales transforman las fuentes y referentes, siguiendo una cadena de decisiones y de modelos.

Los individuos dedicados a la construcción de instrumentos, aplicando técnicas de producción en serie, elaboraban los objetos indefinidamente siguiendo los mismos estándares. Su acción se veía facilitada y completada por la red de agentes y distribuidores establecida en diferentes países. De esta manera en el *lycée* francés, en el *Gymnasium* alemán, en el *high school* o *college* inglés, en el *liceu* portugués y en el instituto de enseñanza secundaria español se observaban los mismos objetos. Así, la estandarización permitía la intercambiabilidad de rutinas y representaciones entre diferentes países.

Los fabricantes no se limitaban a reproducir con procedimientos seriales los modelos clásicos y los disponibles en las ilustraciones de los libros de texto, sino que, como resultado de las investigaciones técnicas emprendidas, en muchos casos introducían modificaciones en los dispositivos que posteriormente comercializaban. Hay que tener en cuenta la formación de los constructores, sus especialidades y sus relaciones con el mundo científico para valorar las aportaciones que hacen en el campo de la instrumentación. En España, con un mercado en expansión a medida que nos acercamos a finales del siglo XIX, llamamos la atención acerca de fabricantes que combinan una producción propia limitada con la distribución de piezas procedentes de firmas dominantes.

La atención se centra sobre todo en este capítulo en los encuentros y relaciones entre el sector de los fabricantes y el colectivo de docentes, científicos y técnicos, unos contactos que favorecieron la producción de novedades que posteriormente entraban a formar parte de los circuitos educativos.

² Pauwels (2006); Helden y Hankins (1994); Hankins y Silverman (1995), y también Wise (1993).

Apropiación/transformación

Los capítulos siguientes, el cuarto, el quinto y el sexto, forman un bloque dedicado al análisis del proceso de adquisición, aceptación e integración en las rutinas académicas de los aparatos pertenecientes a las redes comerciales internacionales y locales. Aquí se examinan diversas dimensiones de la acción docente, cuyo efecto es la reasingación de significados a los objetos científicos recibidos. Se asume que estas labores no transcurrían de manera mecánica y, por tanto, el foco se sitúa en los espacios de intervención de los docentes, quienes al dar un sentido a los artefactos incorporan cambios en estos al tiempo que rehacen sus comportamientos y hábitos. Cambios que no obedecen a un “espíritu de renovación”, sino a los desajustes experimentados en las prácticas de asimilación de los artefactos.

Recordemos que si bien la administración fue siempre reglamentista en materia educativa, los docentes contaban con márgenes de acción en las diversas tareas que comprendían sus competencias e, igualmente, los centros podían formar a partir del catálogo-modelo y de sus recursos sus propios gabinetes, que podían variar de un establecimiento a otro.

En el capítulo cuatro nos centramos en la etapa de la *apropiación material*, contemplando los diferentes mecanismos y problemas que comprende la adquisición de los dispositivos. En estas operaciones que conforman una parte de la dinámica de los gabinetes, distinguimos los siguientes factores:

- Adquisiciones derivadas de las acciones directas del Estado, de las diferentes administraciones locales, de las iniciativas de los profesores o procedentes de donaciones.
- Reparaciones de aparatos.
- Tareas dedicadas a montar, desmontar, limpiar y colocar aparatos.
- La influencia específica de determinados docentes, que permanecieron durante tiempos prolongados en los centros, en la construcción de las colecciones.
- La adscripción del centro, que podía ser a una diputación, a un ayuntamiento o a una universidad.
- La participación de los centros en proyectos estatales. Destacamos dos: la extensión del sistema de pesas y medidas y la creación de una red de observatorios meteorológicos.
- Incorporación de nuevas materias.
- Atención a las novedades.

Los profesores alentaron las compras en esta etapa empleando un argumentario común sustentado en las siguientes premisas:

- Una contribución determinante para el enfoque experimental que, según se asume, *necesariamente* debe tener la ciencia.
- Un signo de modernidad. Refleja la situación presente de la ciencia.
- Una contribución al status del centro.

En la apropiación material, la vista anteriormente, se establecía una dinámica en parte conducida por el proveedor de la nueva tecnología; en esa parcela el control era externo y jerárquico. En los capítulos cuatro y cinco, nos centramos en la etapa de la *apropiación intelectual*. En este caso, el uso de la tecnología educativa está guiada por los propósitos, representaciones mentales, competencias y contextos existentes en la situación de trabajo del receptor; el control es, por tanto, personal e incorpora elementos del entorno inmediato en el que se desarrolla la acción. Así, el docente atiende a los cometidos iniciales vinculados a los aparatos señalados tanto por fabricantes como por los autores de manuales, pero los reelabora con el fin de adaptarlos a sus objetivos y a los contextos reales de uso. Los efectos de estas prácticas los observamos en los gabinetes, en los laboratorios, en las aulas y en otras dependencias. Las decisiones de los docentes sobre qué se podía hacer con los dispositivos orienta las acciones llevadas a cabo en las clases y determina el significado de las demostraciones, más allá de las indicaciones de los manuales.

Los estudios reunidos en los últimos años sobre los gabinetes en España, por regla general, han prestado una atención preferente a los elementos propios de la etapa de apropiación material³. Son comunes en las aproximacio-

3 En las últimas décadas hemos asistido a un incremento del interés por la cultura material y práctica debido a su poder para otorgar sentidos y significados a los trabajos de los científicos, tecnólogos y educadores. Parte de esta atención se ha orientado hacia el estudio de las colecciones de aparatos, modelos y otros recursos empleados en el pasado en los centros educativos, actualmente depositados en un número significativo en los lugares de origen o en instituciones museísticas. Contamos así con numerosas publicaciones que han revelado la procedencia, tipología, coste, evolución y adaptación a las indicaciones de los programas de enseñanza de las colecciones. Una información que proporciona un cuadro más preciso de la geografía de los procedimientos prácticos usados en el dominio educativo en los diferentes niveles que comprende. A lo largo del texto se citan los valiosos trabajos dedicados al estudio de la recepción de los materiales científicos en los centros de secundaria, por lo que se omite su referencia en esta visión preliminar, si bien por su alto valor historiográfico aludiremos como excepción a Bertomeu y Simon (2012); García Belmar, Cuenca y Simon (2011); Bernal y López Martínez (2009, “Anexo”).

nes históricas a los recursos materiales los enfoques que centran su interés en la fase de la invención y adquisición de un dispositivo; desatienden así los aspectos propios de su evolución posterior, como si estos cobraran vida propia y se movieran de manera autónoma. Esta forma de explicar la vida de los artefactos deriva de lo que Bruno Latour calificó como “modelo de difusión”, que “inventa un determinismo técnico, en paralelo a un determinismo científico”⁴. Es una postura “esencialista”, en la medida en que prevé solo un uso preestablecido para la instrumentación. Como alternativa, asumimos la propuesta que plantea el filósofo de la tecnología Langdon Winner, cuando afirma que “Lo que se necesita es una interpretación de las maneras, tanto obvias como ocultas, en que la vida diaria se transforma por el papel mediador de los elementos técnicos” (Winner, 2008, 42). Ahora bien, no es fácil documentar estas circunstancias concretas porque existen escasas evidencias directas de lo sucedido en las aulas, así como notas preparatorias de las clases, unos testimonios que debemos complementar con una valiosa información indirecta.

Después de un extenso proceso de experiencias y ensayos, los docentes construían las demostraciones y los ejercicios con los variados dispositivos disponibles, unas operaciones que no eran inmediatas y que se inscribían en el proceso del saber-hacer o del conocimiento práctico tácito. Todos estos pasos constituyen una parte de la apropiación intelectual, que luego debe completarse con los tiempos disponibles para cada uno de los temas, así como los objetivos de las lecciones y el aprendizaje, normalmente condicionado por las exposiciones memorísticas de las pruebas públicas frente a un tribunal. Finalmente, en las aulas, dependiendo de las circunstancias, se contemplaban los siguientes usos de los dispositivos para complementar o sustituir las explicaciones de los profesores:

- Proponer una prueba visual mediante la proyección de una imagen (realizadas por ejemplo con un microscopio solar, linterna óptica, megáscopos...). Se podían proyectar igualmente experiencias llevadas a cabo con aparatos.

4 Latour (1992, 129). Añadimos las siguientes palabras del autor para ampliar la explicación de su posición: “La segunda consecuencia [del modelo de difusión] es tan extravagante como la primera. Puesto que los hechos están ahora dotados de una inercia que no depende de la acción de la gente ni la de sus numerosos aliados no humanos, ¿qué es lo que los impulsa? Para resolver esta pregunta, los adeptos del modelo de difusión tienen que inventar un nuevo sistema de apareamiento. ¡Se supone que los hechos se reproducen unos a otros! Quedan en el olvido todas las personas que los pasan de mano en mano, la multitud de entidades que actúan formando los hechos y a quienes los hechos forman [...]”.

– Reproducción de experiencias ilustrativas, que han adquirido vida propia, y que están lejanamente vinculadas a principios que no se cuestionan. Para estas operaciones pueden emplearse aparatos diversos, desde termómetros y barómetros a las placas de Chladni.

– Ejecutar pruebas históricas, consistentes en reproducir experiencias de científicos ilustres con aparatos análogos a los empleados en el pasado (por señalar un caso, esta categoría comprende entre otros el prisma de Newton o la balanza de torsión eléctrica de Coulomb).

– De manera excepcional y especialmente a partir de finales del siglo XIX, se plantean ensayos experimentales, con la participación de los estudiantes, provistos de respuestas guiadas o abiertas, y donde los instrumentos se fabrican en función de las demandas.

En el último caso, los ejercicios están vinculados a una orientación pedagógica nueva, que debía dominar el docente, consistente en un enfoque integral de la enseñanza. Estos cambios se produjeron en un marco cultural influido por el impacto de la obra darwiniana, hecho ya mencionado, y por la influencia de dos autores fundamentales para entender el giro positivista, la del psicólogo y sociólogo inglés Herbert Spencer y la del fisiólogo francés Claude Bernard, cuya *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* (1865) contribuyó decisivamente a sentar las bases de la metodología experimental inductiva tanto de finales del siglo XIX como de principios del XX. A los factores mencionados debe añadirse la relevancia alcanzada por los profesionales de la biomedicina en puestos significativos de la política educativa⁵.

Mediación artefactual

En los capítulos siete y ocho se trasladan las ideas de Hankins y Silverman relativas a la función mediadora de los instrumentos al contexto de la educación española. Aquí traspasamos las fronteras de la ciencia practicada por los expertos y entramos en el terreno de los dominios culturales. Según

5 Al cambio de mentalidad que se produce en la comunidad científica en España, en particular en los colectivos dedicados a la biomedicina, que toman como modelo las metodologías experimentales, se dedica una atención preferente en la obra de Leoncio López-Ocón (2003, cap. 7 “La configuración de una moral colectiva dominante, 1875-1906”, 304-342). Sobre la proyección política de los profesionales, Thomas F. Glick (1990, 57-60). Aquí afirmaba Glick que en las Cortes de la Primera República (1873) había 30 diputados que eran médicos y farmacéuticos, el 7,6% de los escaños; en las de 1931-33, entre 41 y 52, entre el 8,7 y 11% de los escaños (pp. 58 y 62).

estos autores, se han fabricado objetos con diferentes propósitos: para imitar nuestros sentidos, para medir, para construir un modelo de un fenómeno, para producir situaciones extraordinarias, etc.⁶ Estas mediaciones producen diversas representaciones, imágenes y metáforas en los sujetos. El historiador de la instrumentación Peter Heering afirma que las demostraciones realizadas con un determinado aparato en el aula –en este caso un calorímetro– no servían solo para reproducir un experimento concreto, sino para mostrar nuevos patrones de precisión y sensibilidad; para él estos aparatos eran también “iconos de una nueva forma de hacer ciencia”⁷.

Dentro de esta categoría se examinan los efectos del uso mediador de diversos aparatos tanto dentro de la física y astronomía como en otras materias. Para ello distinguimos las siguientes áreas de intervención de los instrumentos:

- Producción de asociaciones no obvias. Se comprueba por ejemplo cómo por medio de los instrumentos y su ubicación en gabinetes y programas se refuerza la vinculación entre la física, la tecnología y la industria, e, igualmente, entre la física y la medicina.

- Autoridad⁸. Es un rasgo transversal a los diferentes aparatos. El uso de diversos instrumentos en las aulas confiere autoridad a quienes los emplean, en este caso a los docentes. Esto explica la adquisición de algunas piezas en los institutos, por ejemplo, un telescopio a la casa Breton cuyo coste es ciertamente elevado para dedicarlo exclusivamente a propósitos demostrativos, cuando una composición esquemática de lentes hubiera sido suficiente. Aquí es especialmente importante la imagen de precisión que proyectan los dispositivos⁹. En esta división están también comprendidos los aparatos de proyección, que otorgan autoridad a las imágenes mostradas en una gran pantalla mediante el distanciamiento y la objetivación.

- Contribución de los aparatos a la difusión de representaciones y valores. En este apartado se examinan especialmente las imágenes vinculadas a los instrumentos relacionadas con el estudio del cuerpo y la mente, incorporadas al curriculum en las últimas décadas del siglo XIX y primeras del XX. En esta situación se encuentran los útiles de la antropometría y de la psicología experimental. Eran dispositivos dedicados a producir datos y gráficos, es decir, imágenes de nuestro cuerpo sujetas a patrones interpretativos.

6 Hankins y Silverman (1995a, 10-11).

7 Heering (2011, 26-27).

8 Helden y Hankins (1994, 7).

9 Wise (1997).

Los distintos elementos estudiados en la obra forman parte de un marco teórico cuyo propósito es ofrecer modelos para un análisis integral, aplicable en diferentes países, del significado de los instrumentos en la educación, así como de su contribución a la difusión y consolidación de rutinas, percepciones compartidas e imágenes de la ciencia. En particular, el examen de las mediaciones amplía la visión sobre el lugar ocupado por los fabricantes en el mundo educativo y, en general, en la generación y transmisión de conocimientos. El estudio de su trabajo es básico para comprender las vías de comunicación entre la comunidad de expertos y el público en general, e igualmente para conocer qué estereotipos se construyeron sobre la ciencia y la tecnología. En el proceso de aprendizaje de la ciencia, por tanto, un instrumento es “algo más” que la mera manipulación de herramientas que nos permite obtener hábitos y destrezas. Esta interpretación de la mediación mantiene correspondencias con los estudios psicológicos dedicados a la formación de los procesos mentales superiores de Lev Vygotski. En ellos el investigador ruso establece una distinción entre herramienta y signo; el primero, según sus conclusiones, nos sirve de conductor en la actividad externa destinada a modificar un objeto; el segundo es una actividad interna que nos permite recordar, comparar y relatar algo sobre el mismo objeto a partir del contexto social en el que se presenta¹⁰. De esta forma, la actividad simbólica tiene una función “*organizadora* que se introduce en el proceso del uso de instrumentos y produce nuevas formas de comportamiento”¹¹.

Estrechamente relacionado con el concepto anterior, otro de los focos temáticos esenciales de la obra es el concepto de apropiación, en particular el de apropiación intelectual, cuyo objetivo es llamar la atención sobre todas las operaciones, ensayos y reelaboraciones, así como cambios en el sujeto, que comprende la incorporación y dominio de un artilugio. Todas estas aproximaciones forman parte de un contexto teórico más amplio relativo a los estudios sobre el conocimiento tácito o los procesos que conducen en el aprendizaje a las tareas prácticas propias del saber-hacer. A partir de esta información nos aproximamos a la variedad de tareas de los docentes y a su capacidad para desestabilizar los modelos establecidos por los sistemas políticos auxiliados por la industria.

¹⁰ Vygotski (2017, 87-94).

¹¹ Vygotski (2017, 47). En este punto es oportuna la frase del psicólogo Abraham Maslow: “If you only have a hammer, you tend to see every problem as a nail” (hay diferentes versiones de esta expresión, una de ellas se reproduce en Maslow, 1966, 14-15).

Los análisis previstos en las diferentes dimensiones aquí estudiadas están destinados a ampliar las perspectivas de unos recursos materiales no limitados a servir a los profesionales de la enseñanza para confirmar mecánica e irreflexivamente las leyes eternas de la ciencia, sino igualmente para transmitir significados¹².

Este trabajo se enmarca en el proyecto de investigación “Dinámicas de renovación educativa y científica en las aulas de bachillerato (1900-1936): una perspectiva ibérica” (HAR2014-54073-P)¹³. No quiero finalizar esta presentación sin mostrar mi agradecimiento a Leoncio López-Ocón tanto por sus continuas muestras de ánimo para llevar a cabo esta tarea como por las siempre oportunas observaciones realizadas. También deseo mostrar mi gratitud al profesor Manuel Martínez Neira por su confianza en el proyecto y su aportación en la edición de la obra. Y en otro orden, aunque también me haya aprovechado de sus enriquecedores comentarios, deseo dedicar todas estas líneas y reflexiones a Leonor y Celia, así como a los investigadores y profesionales de la educación.

12 La tecnología es importante no solo por lo que hace sino por lo que significa, idea que defiende en su trabajo Eisenhauer (2006, 198-214).

13 Convocatoria 2014 – Proyectos I+D – Programa Estatal de Fomento de la Investigación Científica y Técnica de Excelencia. Subprograma Estatal de Generación de Conocimiento.

CAPÍTULO 1

LA FORMACIÓN DEL OBJETO CIENTÍFICO EDUCATIVO

1. La prueba demostrativa

En el siglo XVIII se establecieron los patrones de la filosofía demostrativa. Aunque puedan mencionarse variados antecedentes históricos, es especialmente en la segunda mitad de esa centuria cuando se consolidan las bases estables de un modelo de enseñanza dependiente de la instrumentación científica y tecnológica. En esos años, en la tecnología educativa se asume que el uso de los objetos reales y, en su defecto, los modelos y las imágenes respresenta un procedimiento de apoyo efectivo para la transmisión de conocimientos científicos. Este recurso se empleaba tanto en las demostraciones itinerantes como en los cursos universitarios, así como en dependencias educativas diversas¹. La formación de un gabinete y la instrucción científica y técnica eran dos realidades complementarias. De esta forma, la cultura material, convertida en objeto de admiración en las “colecciones de maravillas” de los salones aristocráticos, había pasado ahora a formar parte de los métodos destinados a difundir y reproducir entre la población común los usos científicos y prácticos. Pero esta vez no como un símbolo de status propio del uso privado, sino como un mero instrumento público.

En correspondencia con el ideario reformista ilustrado, las orientaciones pedagógicas asumidas tenían como finalidad extender el saber a sectores sociales más interesados en el hacer que en el decir, propósito que compartían –según se pensaba– los artesanos, comerciantes y profesionales de diversos oficios. Este giro se asentaba en una filosofía del conocimiento sensista, en la que se defendía que el origen y fundamento de nuestras ideas eran las observaciones. Antonio García Rosell, catedrático de los Reales Estudios de San Isidro, reproducía esta perspectiva en la introducción de sus *Instituciones matemáticas* (1785) donde afirmaba que “Al paso que vamos adquiriendo ideas singulares y nos ejercitamos en analizarlas, nos disponemos más y más para la formación de las que llamamos abstractas” (Rosell, 1785, 26). A continuación, insistía en la dimensión utilitaria de estos estudios y en su interés

¹ Véase, por citar algunas obras sobre este periodo: Sutton (1995); Bensaude-Vincent (2008); Schaffer (1994).

para los públicos antes mencionados, que ya no se reducían solo a los funcionarios y a los militares. Poco a poco van adquiriendo mayor relevancia en este marco otras materias, como la Física y la Química, la Historia Natural, la Geografía, la Agricultura, frente a un tradicional protagonismo en el currículo científico de las Matemáticas, la Astronomía y la Filosofía.

En la metodología educativa aplicada en centros emblemáticos se entendió que para promover la observación y el experimento, las bases de nuestro conocimiento, había que contar con una significativa presencia de instrumentos y de maquinaria. Se ha señalado en un estudio que lo que se veía y aprendía de esta “maquinaria” (término aplicado en esa época también al instrumento) era su carácter manipulable; su adecuación a la reproducción de fenómenos y resultados de forma invariable, y su autonomía, es decir, su independencia del sujeto que la moviese, cuya intervención se limitaba a las operaciones básicas (Guijarro, 2013, 38)². Explicar y manejar una máquina no era tanto centrarse en sus principios técnicos como poner en funcionamiento en virtud de las analogías existentes a la propia naturaleza. Así debía entenderse cuando, por ejemplo, en el Plan del rector Blasco para la Universidad de Valencia (1787) se atribuían dos cometidos a los cursos de física: “explicar las máquinas” y “dar a conocer las propiedades de los cuerpos”, labores que se contemplan en una sola acción, ya que “la máquina representa al fenómeno físico y la descripción de su funcionamiento es la demostración del fenómeno en cuestión. Se trataba de un arsenal didáctico basado en un modelo de enseñanza que compaginaba lecciones magistrales con demostraciones experimentales. Las lecciones dadas por los profesores eran ilustradas con experiencias más o menos espectaculares, ejecutadas por el propio profesor o, en ocasiones, por ayudantes y preparadores” (Bertomeu, Cuenca, García Belmar y Simon, 2011, 174-175).

2 Siguiendo a Baird (2004, 12), uno de los requisitos atribuidos a los objetos, como se ha afirmado, es que la producción de fenómenos ocurriera de manera invariable, repetitiva, hecho que permitía realizar predicciones sobre el estado futuro del artificio. Un instrumento representativo para estos propósitos era el planetario, en el que las posiciones de sus elementos, debido al mecanismo que lo sustentaba, podían anticiparse. Pero hay otros muchos relacionados con la ciencia y la tecnología con cometidos similares en los gabinetes. La máquina de vapor es un ejemplo conocido. En estos casos el conocimiento transmitido dependía de consideraciones funcionales relacionadas con la capacidad del mecanismo para crear un efecto (la máquina “funciona” si reproduce el efecto en cuestión, el movimiento del émbolo, una descarga, el vacío...). Como los instrumentos de medida, que debían funcionar de manera estable y constante, y así ser aceptables como objetos fiables.

Una parte de los contenidos científicos y técnicos se asimilaban siguiendo unos patrones operacionalistas. Así, las propiedades (como por ejemplo el calor) se reducían al efecto visible que producían en un dispositivo específicamente diseñado para su detección (en el caso del calor, la variación de la columna de mercurio en un termómetro o el cambio en la longitud de una barra metálica en un dilatómetro).

En conclusión, lo que se obtenían eran fenómenos previsibles, estandarizados y uniformes. Las prácticas demostrativas del docente, limitadas a labores descriptivas, fenoménicas e históricas, estaban en cualquier caso en consonancia con la manera de enseñar la ciencia en general, también en el siglo siguiente. El historiador David Knight afirma en su obra *La Era de la ciencia* que en el siglo XIX:

La mayor parte de la ciencia se enseñaba...de forma dogmática, como hechos organizados por teorías demostradas, y como un conjunto de palabras difíciles y fórmulas misteriosas: el equivalente de aprender una lengua antigua. Mientras que los expertos sabían que el estado de la teoría atómica y de los hechos y leyes era incierto, los que aprendían ciencia elemental absorben una imagen del mundo en la que los átomos inmutables de la materia se movían según leyes determinadas, en las que el conocimiento útil era fundamental y en la que los problemas podían resolverse por la aplicación casi mecánica del método científico, que era, realmente, sentido común organizado. Esta era una visión hostil a la religión y a las artes imaginativas; pero esto no era característico de los científicos de primera fila, quienes con frecuencia estaban interesados en toda clase de temas, además de en sus ciencias, y seguían resistiéndose a la aparición de las dos culturas (Knight, 1988, 225).

Estos patrones de la transmisión del conocimiento se enmarcan en las rutinas propias de la ciencia normal, concepto que empleamos en el sentido de Kuhn, según el texto clásico *La estructura de las revoluciones científicas*. El material científico se utiliza en los marcos educativos con un propósito similar al que este autor otorga a las siguientes tres fuentes de autoridad: los libros de texto, las obras divulgativas y las obras filosóficas moldeadas sobre ellos (Kuhn, 2001, 213-215). Son los medios para la asimilación de los objetivos y valores generados en un paradigma, transmitidos en los procesos educativos de la siguiente manera:

Las tres categorías registran los resultados estables de revoluciones pasadas y, en esa forma, muestran las bases de la tradición corriente de la ciencia normal. Para cumplir con su función, no necesitan proporcionar informes auténticos sobre el modo en que dichas bases fueron reconocidas por primera vez y más tarde adoptadas por la profesión. En el

caso de los libros de texto, por lo menos, existen incluso razones poderosas por las que, en esos temas, deban ser sistemáticamente engañosos (Kuhn, 2001, 213).

Y sobre las referencias históricas que contienen estos documentos, señala:

Así pues, los libros de texto comienzan truncando el sentido de los científicos sobre la historia de su propia disciplina y, a continuación, proporcionan un sustituto para lo que han eliminado. Es característico que los libros de texto de ciencia contengan sólo un poco de historia ya sea en un capítulo de introducción o, con mayor frecuencia, en dispersas referencias a los grandes héroes de una época anterior. Por medio de esas referencias, tanto los estudiantes como los profesionales llegan a sentirse participantes de una extensa tradición histórica (Kuhn, 2001, 214-215).

Estas eran las aportaciones pedagógicas más o menos previsibles que formaban parte de los planes declarados. Pero no debemos descuidar por ello otros efectos indirectos, en este caso los relativos a la facultad de la maquinaria para generar emociones, para entretener y divertir. En las demostraciones se valoraba tanto la instrucción como el entretenimiento que aportaban. Así pues, desde que comenzaron a formarse las colecciones en el siglo XVIII y adquirieron una dimensión pública, los aparatos que las conformaban tenían una finalidad educativa junto a otra lúdica. Puede comprobarse esta dualidad en la conocida pintura de Joseph Wright, *A Philosopher giving a Lecture on the Orrery* (c. 1766), donde como destaca Davis Baird (2004, 21-22) hay dos tipos de espectadores. Mientras unos parecen ignorar lo que acontece, dirigiendo sus miradas a las anotaciones que realiza una de las personas, otros se deleitan con el espectáculo de la representación mecánica del universo. Precisamente la popularidad de algunas demostraciones y la difusión social que alcanzaron se debió a la espectacularidad de los experimentos recreados. Estas virtudes de la instrumentación, que restaban solemnidad a las tareas educativas, pero que atraían poderosamente la atención del asistente, ya fueron señaladas por Gerard Turner en su *Nineteenth-Century Scientific Instruments* ("Recreational Science", en Turner, 1983, 291-308). Después, estos sencillos artefactos pasaron a los centros educativos del siglo XIX, momento en el que se multiplicó su uso consolidando una forma particular de divulgar la ciencia. Estos objetos levemente transformados se ofrecían como juguetes, pero también se hallaban en los gabinetes de los establecimientos educativos. Podrían señalarse numerosos ejemplos vinculados a todas las ramas de la ciencia, como la anamorfosis, el giroscopio, el caleidoscopio, los estereoscopios, las cámaras oscuras, la linterna mágica, la aguja magnética...

Pero de igual manera, en los círculos académicos, se pretendía construir en torno al objeto científico un lenguaje de la experiencia preciso, que sirviera de alternativa a los procedimientos argumentativos propios de la matemática o, al menos, que los igualara en rigor y prestigio. De forma recurrente, en los textos y noticias leemos que lo que el público se va a encontrar es una serie de experimentos, exentos de aparato matemático, que guiarán al interesado y curioso por caminos seguros en el estudio de la naturaleza. Por eso se va a emplear insistentemente el término “demostración”, porque realmente se pensaba que la prueba ocular ofrecida proporcionaba un argumento consistente de los fenómenos examinados (Hankins y Silverman, 1995, 52-53). Y, además, como se establece en este periodo y afirmará posteriormente el filósofo natural e inventor inglés William Sturgeon, ver los detalles de la máquina era esencial para ver los detalles de la naturaleza (Morris, 1995, 426).

Para el coeditor de *L'Encyclopédie*, Diderot, uno de los cometidos de la física experimental era llevar a cabo un estudio verdaderamente original de la naturaleza, no rectificar los cálculos de la geometría. A esta tarea era a la que estaban convocados los químicos, los físicos y los naturalistas (Diderot, [1753] 1997, 7). Desde la geometría no se puede realizar ese trabajo porque su objeto de estudio es una abstracción exenta de utilidades sensibles. Decía el enciclopedista francés que “La física experimental no sabe lo que resultará, ni lo que no resultará de su trabajo; pero trabaja sin tregua. Al contrario, la filosofía racional pesa las posibilidades, sentencia y se detiene sin más. Dice atrevidamente: no se puede descomponer la luz: la física experimental se calla y escucha durante siglos enteros; luego, de repente, muestra el prisma y dice: la luz se descompone” (Diderot, [1753] 1997, 39).

Sin embargo, había otras interpretaciones de la prueba experimental. El cartesiano Rohault se fijó en sus demostraciones de física en París en la dimensión ilustrativa de la experiencia artefactual. Una confirmación para este autor y algunos seguidores del siglo XVIII, como Nollet, era una práctica consistente en construir un mecanismo a gran escala que por analogía representara los procesos microfísicos, a los que no tenemos acceso en situaciones normales (Clarke, 1989, 201 y 207).

En la pedagogía dieciochesca y en las estrategias de verificación pública se atenuaron o eliminaron algunas aspiraciones filosóficas vinculadas a la experiencia, y de esta manera se marginó, para facilitar su entrada en escuelas y espectáculos, su cometido crítico.

Este enfoque, desprovisto de connotaciones metafísicas, es el que impul-

sado por las políticas públicas de educación y la industria del objeto científico se consolida en España en la segunda mitad del siglo XIX.

En el catálogo modelo confeccionado en 1847 por la Dirección General de Instrucción Pública (ver Apéndice y el capítulo 2) aparece un instrumento conocido como “Aparato para demostrar el aplanamiento de la tierra por los polos” (véase la fig. 1). Consiste en unas cintas metálicas que unidas por sus extremos se disponen como si fueran los meridianos de la Tierra. El dispositivo se acoplaba a una máquina que le imprimía un movimiento rápido de giro, hecho que permitía comprobar una ligera curvatura en las cintas. ¿En qué consistía entonces la “demostración”? Como ya se ha asegurado anteriormente, en ofrecer una analogía de un supuesto fenómeno, no en una confirmación experimental. Es decir, empleando el lenguaje de los profesores en las demandas de instrumentos, en “hacer visible” o en “hacer patente” una propiedad significativa de la naturaleza.

La accesibilidad de artefactos estandarizados a través de las redes comerciales, su conversión por los responsables administrativos en un símbolo de la modernidad, así como de una educación homogénea y centralizada, transformaron a estos recursos en complementos imprescindibles de la formación científica, especialmente de las clases medias urbanas. Pero había que ajustarse, para cumplir los propósitos, a un catálogo modelo de instrumentos escasamente innovador. Se configuraba así un discurso pedagógico en el que el medio –el objeto– se entendió como un fin en sí mismo, y donde estos utensilios servían para fijar unos conocimientos subordinados a unas verdades inmutables.

Las actividades rutinarias de la comunidad docente en los contextos reales de trabajo y la adquisición del saber hacer propio de los artefactos revelaron algunos desajustes. Como se verá en los próximos capítulos, algunos profesores, en la práctica profesional, advierten que el ritmo de renovación de aparatos era lento; que los aparatos no respondían a las expectativas; que algunos gabinetes estaban desatendidos o eran inservibles; que se podían construir otros modelos en colaboración con los fabricantes. También aprendieron a usar los instrumentos en el seno de programas estatales de recolección de datos diarios relativos, por ejemplo, a la meteorología local. En otros órdenes, los docentes eran conscientes de que el uso de los artefactos debía someterse a una pedagogía memorística, adaptada a los requerimientos de cumplimiento de los programas y de evaluación estudiantil. Práctica que contradecía el antiverbalismo pregonado por las autoridades gubernamentales.

Dentro de estas dinámicas algunos profesores plantearon formas diferentes de enfocar las explicaciones científicas, que cuestionaban la posición tradicional del aparato en la representación de los conocimientos. Las nuevas ideas, que apuntan a una reformulación o definición de la pedagogía científica, impulsaron diversos debates y propuestas. La fecha de referencia es el año 1880 y los detalles de las nuevas orientaciones que convivieron con las precedentes se verán a continuación.

2. Perspectivas: pensamiento y acción

Los signos del movimiento internacional en el que se revisan los patrones de la educación científica tuvo expresiones diversas en países europeos y en Norteamérica. En Gran Bretaña, un caso bien conocido es el del profesor de química Henry Armstrong (1848-1937), que en 1889 presentaba a través de la British Association for the Advancement of Science una serie de propuestas para un curso dedicado a la enseñanza de la ciencia elemental. En él empleaba como novedad el “método heurístico”, que había estado ensayando durante varios años. En este procedimiento se daba más importancia a los pasos que había que seguir en el análisis de un fenómeno o en la resolución de un problema que a la información manejada. Básicamente consistía en poner a los estudiantes en la situación de una persona que realiza un descubrimiento. La práctica manual era básica para la comprensión de los hechos en su enfoque, al igual que lo será en la perspectiva impulsada por Cossío en el Museo Pedagógico, como veremos más tarde. A los niños de edades comprendidas entre ocho y doce años, Armstrong les recomendaba que realizaran investigaciones simples con aparatos familiares. A través de la British Association, estas propuestas se conocieron en Japón³ y Alemania. En Estados Unidos, el curriculum “learning by doing” (equivalente al método heurístico de aprendizaje) estuvo asociado a los nombres de Francis W. Parker (1837-1902)⁴ y John Dewey (1859-1952)⁵, quien también tuvo una influencia notable en la pedagogía de la ciencia en España.

3 Sobre la extensión de las nuevas corrientes pedagógicas occidentales en Japón, Yamasaki (2010) (disponible en línea).

4 Después de la guerra civil americana, Parker es uno de los más destacados abanderados de la reforma del sistema educativo; contrario a los métodos tradicionales, impulsó una filosofía pedagógica que giraba en torno al estudiante, y como otros reformadores, visitó escuelas europeas, MacCulloch y Crook (2008, 462).

5 Véanse Brock (1977, 678-679) y Rayner-Canham y Rayner-Canham (2015, 463-466).

Las propuestas de Armstrong se distanciaban levemente de otras también vigentes en las que se reclamaba un proceso de descubrimiento *ex nihilo*, sin referencias y sin información adicional. Para el profesor inglés el estudiante debía manejar previamente algunos conceptos, técnicas, instrumentos y habilidades de cálculo. En general, los programas de Armstrong tuvieron una desigual acogida: algunos los recibieron y practicaron con entusiasmo, pero otros muchos los ignoraron (Matthews, 1994, 20-22).

Dewey fue uno de los fundadores del Laboratory School de la Universidad de Chicago, uno de los centros de la educación progresiva, cuyos pasos iniciales se remontan a 1894, y que adquirió ese nombre definitivamente en 1901. En 1904, asediado por problemas derivados de las novedades pedagógicas que pretendía introducir, Dewey dejó Chicago y se trasladó a su nuevo puesto de profesor en la Universidad de Columbia, en la ciudad de Nueva York. En sus presupuestos identificaba, entre otros, dos tendencias en los niños: la construcción y la exploración/investigación. El aprendizaje debía combinar el pensamiento y la acción, es decir, los problemas y las soluciones, en contra de la memorización y la repetición (Phillips, 2014, 455-458). Pero sus métodos novedosos también encontraban resistencias. En muchas ocasiones, los profesores, pendientes de las respuestas de los estudiantes, no podían emplear los procedimientos habituales para transmitir conocimientos. Así pues, los experimentos se usaban de la manera clásica o demostrativa, en contra del método Dewey: “no servían para resolver auténticos problemas o redescubrir las leyes científicas, sino que funcionaban como ilustraciones de hechos y principios que los estudiantes debían observar y aprender” (Knoll, 2014, 458)⁶.

El belga Omer Buyse, director de la Escuela Industrial Provincial Superior de Charleroi, publicó en 1908 tras su viaje a Estados Unidos un voluminoso texto dedicado a los métodos de enseñanza en este país. Se tituló *Méthodes Américaines d'Education Générale & Technique* (París, 1909, 2ª edición) y en él dedicaba un importante número de páginas a los trabajos manuales incluidos en los currículos de las escuelas elementales. Entre ellos, destacamos los que tenían como cometido la confección de material científico relacionado con la física y la química (Buyse, 1909, 128-134). El libro reproduce imágenes correspondientes a estas tareas, realizadas por alumnos de once años de un centro de Manhattan (véase la fig. 2). Todos los años fabricaban en torno a

6 Ver en Phillips (2014) “Dewey” y las críticas, así como “Progressive education and its critics”.

cuatro piezas y, como se señala en el texto, los propios estudiantes se encargaban de llevar a cabo las experiencias.

El Laboratory School mencionado fue dirigido por reconocidos pedagogos, entre ellos Henry C. Morrison (1871-1945), asociado al método unitario. Según sus presupuestos, los contenidos debían tratarse en bloque, no divididos en fragmentos aislados, como se hacía habitualmente. La enseñanza se llevaba a cabo siguiendo los siguientes pasos: exploración, presentación, asimilación (tarea ya propia de los estudiantes, en la que se realizaban consultas para resolver un problema), organización (con la dirección del docente) y exposición (informe oral de los estudiantes)⁷. La metodología de Morrison era más adecuada cuando el cometido era el aprendizaje de volúmenes significativos de información, pero no cuando los estudiantes debían dominar determinadas técnicas, como las matemáticas y la lectura.

En otras materias, como la historia natural, se ensayaron igualmente procedimientos que cuestionaban los usos basados en un aprendizaje pasivo. Se insistía en un contacto directo con el entorno, sin intermediarios, una perspectiva que se alejaba de la repetición exclusivamente verbal de contenidos en clase. Es lo que se ha llamado en los contextos anglosajones la aproximación pedagógica “hands-on”. Esto significaba contar con una provisión de recursos materiales, realizar salidas al campo a recoger muestras naturales y coordinar actividades en torno a un jardín creado en el centro. Estos cambios en el curriculum escolar de Estados Unidos se intensificaron entre 1890 y 1930⁸.

También en el país norteamericano, en fechas anteriores tienen lugar algunas novedades en los procedimientos seguidos en la enseñanza de la medicina. Borell (Borell, 1987, 58-59) relata que desde la década de 1890 la instrumentación vinculada a la fisiología experimental empleada en los laboratorios comenzó a trasladarse a los espacios dedicados a la enseñanza. Las demostraciones experimentales rutinarias se transformaron en muchos casos en experimentos “hands-on” realizados por los estudiantes que seguían cursos introductorios. Este giro en la mentalidad pedagógica obedecía a que, como se había visto en el caso de Armstrong, el método, es decir, el dominio de la técnica y no tanto de los hechos, era el cometido más importante de la enseñanza. Los estudiantes así aprendían a manejar el quimógrafo y el miógrafo (aparatos que se examinarán más adelante), lo que significaba saber

7 Morrison (1930), traducción de María Sánchez Arbós; en particular sobre la articulación de este sistema, véase el capítulo 14, págs. 131-140.

8 El tema ha sido estudiado por Kohlstedt (2010).

utilizarlos en los registros y en las medidas. Más que a confiar en la autoridad de las explicaciones didácticas, se aprendía a plantear cuestiones científicas y maneras de enfocar las soluciones.

Todos los ensayos mencionados pueden enmarcarse *mutatis mutandis* en un movimiento conocido como educación progresiva. Los valedores de esta tendencia compartieron su oposición al aprendizaje memorístico, formal y meramente preparatorio para estudios superiores. En esta misma perspectiva se alinearon las propuestas pedagógicas que promovieron el aprendizaje visual en las escuelas, consistentes en el empleo de diferentes medios como las linternas de proyección, los estereoscopios y las fotografías. En Estados Unidos se conoció como el “visual instruction movement”, cuyos inicios se sitúan en torno a 1885 y cuyo momento de máxima aceptación se ubica en los años comprendidos entre 1900 y 1950. Desde el comienzo fue contemplado como un antídoto contra la tradición verbalista y estaba estrechamente relacionado con los debates epistemológicos en los que se discutía sobre la superioridad en el conocimiento de la información concreta sobre las ideas abstractas. Se entendía, por tanto, que para conseguir una enseñanza efectiva había que aproximarse al objeto real, cometido que se lograba con las fotografías proyectadas, con las imágenes en movimiento y con los sistemas estereoscópicos (Saettler, 1990, 123 y 140-143). Desde una perspectiva histórica, el impacto de este movimiento en el currículo escolar, si bien pueden identificarse numerosas aplicaciones, fue más bien pobre. ¿Las razones? La lentitud y conservadurismo del sistema educativo en el proceso de asimilación de las novedades y la extendida desconfianza acerca de su utilidad (Saettler, 1990, 168).

Claudette Balpe (Balpe, 2002) nos ofrece algunas claves sobre los cambios en la metodología educativa francesa que afectaron al significado otorgado a la instrumentación científica empleada. Según la autora, en las corrientes que se abren paso a finales del siglo XIX y principios del XX, se denuncia el carácter dogmático de la demostración, que contrasta con el espíritu positivo, verdaderamente científico, que se desea difundir. La apariencia experimental se pretende sustituir por un dominio auténtico del método de las ciencias. “El método importa más que la ciencia, es el método el que crea la ciencia”, afirma el inspector general Lucien Poincaré en “Rôle des sciences expérimentales dans l’Éducation”⁹.

Los planteamientos pedagógicos franceses reflejan igualmente este cambio de mentalidad, como puede comprobarse al leer el término *Physique* del

9 *Revue pédagogique*, 1904, 14, 1, 15 de enero de 1904, citado en Balpe (2002, 1145).

Nouveau dictionnaire de pédagogie, dirigido por F. Buisson (1911)¹⁰ donde se exponen los principios que debían asumirse en el aprendizaje de las ciencias. Según se detalla, eran los siguientes: evitar las definiciones prematuras; desarrollar el espíritu de observación; comparar y relacionar los resultados parciales obtenidos; verificar las consecuencias de los razonamientos; realizar generalizaciones graduales; formular enunciados de leyes y principios, y plantear aplicaciones prácticas relativas a la vida doméstica, alimentación, higiene, agricultura e industria. Para estos cometidos no es imprescindible la disposición de un material complejo en los gabinetes:

Esta cuestión se relaciona estrechamente con la de la insuficiencia de material de que dispone el profesor, insuficiencia más a menudo aparente que real. No hay en absoluto ninguna necesidad de disponer en un gabinete de física de una balanza hidrostática o de una cubeta profunda. La primera puede reemplazarse sin problema por una balanza ordinaria bajo cuyo platillo disponemos un soporte con o sin cremallera. Añadirá la ventaja de no tener que prestar atención a la exactitud de la balanza.

Esta nueva perspectiva se incorporará a la reforma de la enseñanza secundaria de 1902. Se pretendía con estos cambios dejar atrás los enfoques cualitativos y descriptivos y, en su contra, impulsar en los niveles intermedios las conexiones de los hechos con los cálculos, así como promover las mediciones precisas y la confección e interpretación correcta de gráficos. De esta manera, se invitaba a los estudiantes a la participación en el proceso de aprendizaje mediante la realización de ejercicios prácticos sencillos, que comprendían, entre otros, llevar a cabo medidas y la construcción de algún instrumento.

Comprobamos de igual manera, y siguiendo las mismas pautas, cómo se incorporó esta mentalidad tanto a los debates pedagógicos como a la legislación que regulaba la planificación de los *liceus* en Portugal. Los estudios¹¹ coinciden en señalar determinados periodos como particularmente decisivos en la articulación de las nuevas prácticas en los centros de secundaria. Hay algunos indicadores especialmente significativos que definen la aplicación de

10 Se trata de la segunda edición del *Dictionnaire de pédagogie* de Ferdinand Buisson, publicado originalmente en 1887; la primera estuvo marcada por el movimiento que, siendo ministro Jules Ferry, conduce a la elaboración de las leyes de 1880, 1881 y 1882 de la escuela pública, laica y obligatoria; la segunda incorpora especialmente los efectos de la reforma de 1902. Existe una edición electrónica de gran calidad de esta última, en <http://www.inrp.fr/edition-electronique/lodel/dictionnaire-ferdinand-buisson/>

11 Leonardo, Martins y Fiolhais (2012); Malaquias (2017) (en prensa).

parámetros diferentes en las enseñanzas científicas. Unos están ligados a las disposiciones que establecen la realización de trabajos individuales por los estudiantes; otros conciernen al interés por promover habilidades metodológicas (mejorar los procedimientos inquisitivos y de observación). Ya no se trataba solo, por tanto, de repetir los lugares comunes propios de la retórica decimonónica de la modernidad, con las alusiones genéricas a la experimentación y a la práctica. Aunque hay signos de cambio en los últimos años del siglo XIX, es especialmente a partir de la Primera República cuando se dan pasos concretos para la reorganización de los estudios. El más destacado, por ser representativo de la nueva visión, es el decreto 896 de 26 de septiembre de 1914, dentro del gobierno liderado por Bernardino Machado, medida que resumimos en la resolución destinada a promover las “faculdades de investigação e [...] à prática dum método de estudo e de trabalho” (cit. en Leonardo, Martins y Fiolhais, 2012, 173).

Junto a las revisiones metodológicas, una parte significativa de las novedades que llegaron a los gabinetes estaba en sintonía con la cultura eficientista o con la mentalidad del positivismo social, esto es, con la respuesta que desde la ciencia y las instituciones se dieron a los cambios urbanos, a la expansión colonial, a la creciente competencia entre las naciones y a la extensión de los modos de producción industrial. Nuevos contextos que impulsaron durante las últimas décadas del siglo XIX y primeras del XX una mayor atención al cuerpo y a la educación práctica y visual. Aquí también emergen los conceptos y las prácticas instrumentales del higienismo, de la antropometría y de la psicología experimental, como se verá extensamente en el capítulo 7.

Así, dos modelos en tensión no siempre incompatibles están vigentes en el periodo considerado (1880-1930), con consecuencias para el significado otorgado a los recursos materiales: el dogmático-demostrativo (la educación científica destinada a proporcionar una cultura general a un sector minoritario y a servir de preparación para la Universidad) y el integral-constructivo (una propuesta revisionista sobre la función del gabinete, con una mayor atención a la participación del estudiante, al aprendizaje desde las primeras etapas, a la formación física e intelectual y a la educación práctica).

3. El debate en España

A continuación, señalaremos los ejes sobre los que giran las nuevas visiones de la educación científica, incidiendo sobre las propuestas que afectaron

a la reubicación de los objetos en los procesos de aprendizaje. En concreto, identificamos tres tendencias influyentes en estas dinámicas de cambio:

- a. La ciencia recreativa, con su lema principal: es más efectiva la emoción que la fórmula.
- b. El metodologismo: el saber cómo frente al saber qué.
- c. El movimiento de artes y oficios y el manualismo científico.

a. Ciencia recreativa

Recordemos previamente, como se verá ampliamente en el siguiente capítulo, que entre las directrices administrativas figuraba la indicación de que las explicaciones en el aula debían ser “sencillas, no prolijas”, preferentemente sin matemáticas. En el escenario del aula, esta disposición permitía el uso de procedimientos comunicativos que invitaban al clásico “enseñar deleitando” y al empleo de artificios dramáticos, sorpresas y efectos inesperados. Las siguientes palabras de J. Bautista Mariano Picornell y Gomina, pedagogo liberal, explican claramente en el marco de la mentalidad ilustrada, el alcance de esos recursos, esta vez en los estudios elementales:

El enseñar a leer a los niños, es otro de los ramos de la instrucción, convengo en que es negocio arduo el enseñarles a leer en una edad tierna, siempre que se guarde aquella seriedad y aridez con que se ejecuta comúnmente en las Escuelas; pero hagaseles la instrucción agradable y divertida, y no será tan difícil como ordinariamente se imagina. Su edad los inclina naturalmente a ese género de instrucción, y es preciso no disgustarlos desde el principio. Se han inventado varios métodos para este fin. El Escriitorio de Imprenta de Mr. Mas de Montpellier, el Biombo o Pantalla de marfil, las Varitas de plomo de el Abate Pluche, y los dados de Lok, o de nuestro Saavedra, son muy recomendados por sus respectivos autores, que nos aseguran de sus buenos efectos.

Todas estas invenciones pueden serles sin duda muy utiles, por lo que contribuyen para hacerles divertida la instrucción. Un Amigo mio, hombre instruido y zeloso por el bien de la Nacion [...] me ha asegurado que con un método semejante ha logrado en Soria un Profesor de Medicina, unos adelantamientos extraordinarios [...] (Picornell, c. 1785, 384, “Discurso teórico-práctico sobre la educacion de la infancia”, en Mayordomo y Lázaro, 1988)

La cultura de la ciencia recreativa, ya activa en el siglo XVIII, se trasladó a las aulas, como decíamos, cuando se activaron las políticas educativas públicas. En el siglo XIX se elaboraron diversos textos que hacían referencia directa o indirecta al entretenimiento científico y que abrían un espacio de

elementos comunes donde cabía tanto la ciencia formal como la magia. Uno de las obras más conocidas dentro de esta categoría fue sin duda la de Gaston Tissandier, *Recreaciones científicas o la Física y la Química sin aparatos ni laboratorio y solo por los juegos de la infancia* (Madrid, 1882)¹². Estos libros y prácticas sirvieron de modelo para la enseñanza científica en el currículo de primaria, extendiéndose después a secundaria. La solución que se planteaba para la transmisión de unos conocimientos era, pues, la presentación de los mismos como un juego y un entretenimiento, adaptado a los hábitos y a la mentalidad que tenían en esos momentos los niños y niñas asistentes a las clases, y no como modelos en miniatura de los ejercicios de los adultos. Para facilitar su asimilación, la ciencia debía recuperar sus rasgos más pueriles o, dicho de otra manera, debía infantilizarse.

Si revisamos el texto de Tissandier, encontraremos los componentes de este modelo. Uno de ellos alude a que en la ciencia (frente a otras disciplinas) encontramos múltiples pasatiempos. Pero estos, aclara previamente, no pretenden enseñar a engañar al público ni a realizar operaciones de prestidigitación, sino que están basados en el “método científico” y pretenden ser de gran utilidad como ejercicios de Física, de Química, de Mecánica y de Ciencias Naturales. Cabe añadir a la advertencia del autor que nos encontramos en unos años en los que, siguiendo el ritmo de la ciudad y la industria, el tiempo se contemplaba como un bien que debía ser aprovechado realizando tareas útiles.

El segundo elemento de este modelo son los medios que formarán parte del aprendizaje, donde destaca el contacto directo con el paisaje, esto es, la contemplación de “la Naturaleza”. Es placentero, como se asegura, capturar insectos y observar la atmósfera. Después, nos familiarizamos con fenómenos sin emplear aparatos. Esto significa que para conocer el comportamiento del calor, la electricidad, la óptica (recreada con las inevitables ilusiones) y la gravedad bastan unos cuantos objetos sencillos e “insignificantes” que podemos encontrar a nuestro alrededor. Procedimientos que pueden aplicarse igualmente a las experiencias químicas¹³.

En las siguientes secciones se contemplan los beneficios lúdicos que reportan los objetos científicos y técnicos ya manufacturados. Predominan los que fueron diseñados con una finalidad práctica (una amplia panoplia de ar-

¹² El original, *Récréations scientifiques ou l'enseignement par les jeux*, fue publicado en 1880.

¹³ Las pretensiones de la obra aparecen en Gaston Tissandier, *Recreaciones científicas*, Madrid, 1882, “Introducción”.

tilugios), pero los hay que muestran los efectos mecánicos, magnéticos y eléctricos en figurillas ataviadas con diversa estilos, en algunos casos de aspecto entre medieval y carnalesco (véase la fig. 3). Empleando una estética fantástica se alude a la excelencia de un fenómeno natural, al que se añade después un relato explicativo. Pero en su aparente sencillez encierran complejos mecanismos que se intentan desenmascarar recurriendo a principios simples. Los objetos se presentan entonces como algo cercano, casero, próximo a un niño, que los puede manipular y manejar como un juguete, eliminando así las barreras de unos temas que habían sido competencia exclusiva de los adultos.

Tissandier es un innovador que emplea diversas técnicas para diferenciarse de la tradición, sin duda ya extensa, de la recreación científica (podríamos remontarnos al siglo XVII con las recreaciones matemáticas). Una de esas novedades fueron las ilustraciones, cuyo propósito es reproducir los ambientes comunes y caseros, en este caso los de una familia burguesa, convertidos en lugares en los que se improvisa un laboratorio o en espacios para la observación, experimentación y la diversión (Sablonnière, 2015). El estilo discursivo de las descripciones y explicaciones hace fácil, cómoda y placentera la lectura, sin artificios, unos rasgos que también establecen una distancia con las convenciones precedentes. En España, la escasez de títulos especializados en divulgación científica, además de la extensión de las ideas que abogaban por una renovación pedagógica (presente en los círculos krausopositivistas y regeneracionistas, como se verá posteriormente) favoreció la difusión de la obra de Tissandier (Sablonnière, 2015).

La fórmula del juego útil convenció a personas con responsabilidades directas en la enseñanza. Un caso particularmente representativo es el de José Estalella, vinculado a los planteamientos que aspiraban a cambiar las orientaciones pedagógicas de la ciencia. Fue especialmente activo en el proyecto del Instituto-Escuela. Por una parte, fue profesor en el centro que se estableció en Madrid e influyó en Miguel Catalán y Andrés León, también docentes en este establecimiento. Por la otra, fue nombrado director del Instituto-Escuela de Barcelona en 1932.

Estalella defendió y llevó a la práctica una enseñanza no basada en la reproducción memorística (propia del catecismo), sino en la participación activa del estudiante en la asimilación de los contenidos, propósito que se conseguía, como sostenían los partidarios de la escuela nueva, mediante la observación, la intuición, la reflexión y la experimentación. Trasladado ahora al sentido de los aparatos en las aulas, este enfoque significaba sustituir los

objetos complejos, ya elaborados, por útiles sencillos, accesibles y fabricados incluso por los propios alumnos (procedimientos que serán analizados más adelante).

Pero en este apartado la aportación de Estalella que nos interesa, que demuestra su atención a las prácticas de la cultura del pasatiempo científico, es la obra *Ciencia recreativa* (1918)¹⁴.

El libro fue escrito mientras impartía clases de Ciencias físicas y naturales con aplicaciones a la industria y la higiene en el Instituto de Gerona (1905-1919). Allí promovió otras actividades: se encargó de unos cursos de cosmografía; instaló el observatorio meteorológico, que pasó a ser el de la ciudad, y organizó un laboratorio fotográfico y un museo con los aparatos del centro (Callís i Franco, 2007, 89-103). En sus clases se afirma que animaba a sus alumnos a realizar por sí mismos las experiencias; uno de los estudiantes recordaba que “aprender la Física con él era un juego agradable”, a lo que contribuía su afabilidad, claridad de las explicaciones, la originalidad de sus ideas, los numerosos problemas que había que resolver y los frecuentes experimentos que proponía (Domènech, 1998, 68).

En la bibliografía de *Ciencia recreativa* se cita el texto de Tissandier. Además, se dedica un poco más de la mitad de la obra a las experiencias de física¹⁵. Después, según el número de referencias, siguen los ejercicios de matemáticas, los de química, “construcciones de papel”, geografía e historia natural, junto con otros variados temas. El planteamiento a pesar de la incorporación de nuevas demostraciones no significó un cambio sustancial en relación con las recreaciones científicas del divulgador francés.

b. El horizonte metodológico

Un indicador de un cambio de posición en los presupuestos pedagógicos fue la alusión a los “procedimientos” en el decreto de 1873 de Eduardo Chao,

14 El título completo era *Ciencia recreativa. Enigmas y problemas, observaciones y experimentos, trabajos de habilidad y paciencia*, Barcelona, Gustavo Gili, 1918. Con estas palabras del prólogo defendía el autor el alcance de estas propuestas: “Frivolidades, nimiedades, insignificancias, entretenimientos de sobremesa acaso poco merecedores de atraer la atención de las personas mayores; pero dejad que los niños se aficionen a este libro, pues las frivolidades a veces han despertado latentes inteligencias y han revelado insospechadas aptitudes y vocaciones”.

15 Téngase en cuenta que la física comprende mecánica y gravedad, luz, sonido, calor y fenómenos capilares; las matemáticas, geometría y aritmética.

ministro de Fomento en la Primera República. Del protagonismo de los objetos en la demostración de cátedra se pasa a insistir en la relevancia que tiene en la transmisión de la práctica científica la atención a los diferentes componentes de las tareas experimentales. El objeto queda así desplazado del centro de las explicaciones y su lugar lo ocupan las diferentes acciones que comprende la resolución de un problema. Esto es al menos lo que pretendían transmitir quienes se ocuparon de sistematizar estos planteamientos, entre otros los profesores ya mencionados anteriormente Henry C. Morrison y Henry E. Armstrong.

Para entender el alcance del enfoque centrado en los procedimientos se ampliarán los presupuestos pedagógicos, ya aludidos, de Armstrong. El primer requisito para aproximarnos a sus ideas es separar los contenidos de los métodos. El estudiante, según el profesor inglés, no debe aprender tanto verdades como rutinas, las cuales consisten en pasos establecidos para reunir evidencias y organizarlas adecuadamente. Pero además debe adquirir ciertas habilidades para concebir de forma abierta e intuitiva soluciones a las diversas dificultades que se presentan en la práctica. Hay que situar al estudiante en un estado de inocencia, como si se encontrara en el momento de hacer un descubrimiento. Armstrong dice que en realidad este método –el heurístico– no lo ha inventado él, pertenece a la naturaleza, a los animales y a los niños (Armstrong, 1925, xii); así que es un reflejo de la manera espontánea de aprender, como lo hacemos desde que nacemos. También, como asegura, puede llamarse a estos procedimientos “método socrático”. Mantiene analogías con el de Morrison, ya que también contempla el doble movimiento de inducción y deducción en el conocimiento científico. Y dice Armstrong (1925, xiii) sobre los procesos de aprendizaje:

El profesor que actúa como un portavoz de otros solo cría loros; no es capaz de ejercer una mínima influencia en sus estudiantes. El hombre es por naturaleza un ser que razona y necesita ser tratado como tal. Desgraciadamente, en las escuelas este hecho constituye más una excepción que la norma.

En la presentación de la obra¹⁶, el autor formula una definición de heurística, que consiste en adquirir conocimiento por medio de la experiencia (observación, indagación, ensayo...) y reducirlo a un sistema; al pedir que se traslade a las escuelas –añade– se demanda que se use de manera formal un método de reconocida utilidad durante mucho tiempo (Armstrong, 1925, xxiii).

16 Consistente en una reunión de trabajos publicados en diferentes fechas.

Más específicamente, Armstrong afirma que en este proceso se debe comenzar por la observación de objetos sencillos y fenómenos comunes (por ejemplo, comprobar la mayor o menor dureza de ciertos metales y después medir las densidades de artículos comunes). Aquí el estudiante debe actuar de manera inquisitiva. También debe aprender a emplear la balanza para medir y pesar, pero no solamente cosas, sino igualmente, en sentido esta vez figurado, palabras y hechos. Esto significa asimilar hábitos basados en la corrección, la exactitud y la economía. De igual manera, se debe prescindir de los libros y llevar un recuento fiel de los trabajos realizados en un cuaderno. Unos hábitos que se reflejan en el uso preferente de las operaciones de medición, cuya finalidad no es la de ofrecer impresiones generales sobre la producción de un fenómeno, sino contribuir eficazmente al problema planteado en un proyecto¹⁷.

No es difícil adivinar algunas dificultades de un modelo que sigue los planteamientos metodológicos aplicados en la química (Armstrong como se sabe era profesor de esta disciplina), sobre todo porque demanda espontaneidad e intuición natural, por una parte, y formalismo y enfoque sistemático, por la otra. Dos actitudes que podían resultar incompatibles.

En España, antes de 1880 las alusiones a los procedimientos y a los procesos de descubrimiento como elemento fundamental de las enseñanzas científicas son escasas. Domina la aproximación fenoménica a los objetos científicos y a los contenidos. Prueba de ello son las posiciones del pedagogo Mariano Carderera¹⁸, quien establece una triple división en el currículo educativo. El primer grado está dedicado a los fenómenos casuales y ordinarios, que se deben explicar con analogías sencillas y omitiendo el uso de aparatos; el segundo grado corresponde a la parte técnica, es decir, a “los experimentos físicos, que se explicarán de hecho, sin entrar en las causas [...] La máquina eléctrica y neumática, el imán, las potencias mecánicas, las lentes, la linterna mágica, etc. etc. se irán presentando sucesiva y gradualmente, explicando el *cómo*, y solo lo más indispensable del *por qué*. Al mismo tiempo se enseñará el modo práctico de manejar las máquinas y demás instrumentos de física,

17 “The heuristic method of teaching or the art of making children discover things for themselves” (1898, en Armstrong, 1925, 235-300; especialmente las páginas 256-264). Al final se añade un apéndice con un programa de un curso de Física y otro de Química consistente en la realización de mediciones y de experimentos.

18 Fue inspector general, Jefe de Negociado de Instrucción Primaria, Secretario del Real Consejo de Instrucción Pública, tomó parte en la elaboración del Proyecto de Instrucción Pública de 1855 y fue vicepresidente en el Congreso Nacional de Pedagogía de 1882; sobre el pedagogo español, Vicente Ferrando (1995 y 1999).

así como también todos los simples y sustancias que se emplean en tales experimentos, como el ácido muriático, el gas, etc., para que ni se viertan los líquidos ni se volatilicen los gases etc.” (Carderera, 1855, II, 423). En el tercer grado, calificado como científico, en el que el autor considera que se debe preguntar por el porqué de los fenómenos, se emplean y aplican los conocimientos matemáticos. Se reserva un comentario para la química, sobre la que se asegura que no debe impartirse en clases numerosas, ya que consiste en análisis y ensayos y no es fácil mantener el orden preciso. Y aprovecha para lanzar una advertencia a quienes abusan de las manipulaciones: “los ensayos que se hacen en ellas como por vía de juego, si podemos decirlo así, producen a menudo en los niños la presunción de dominar las potencias físicas, y de ahí que luego se formen mil proyectos y aplicaciones a la industria, que han perdido a no pocos hombres” (Carderera, 1855, II, 424).

En posiciones posteriores a 1880, siguiendo la estela del Museo Pedagógico Nacional, que veremos más adelante, se cuestiona la posición preferente, meramente ilustrativa, que tiene el objeto científico. Formaron parte de esta perspectiva los enfoques de diversos profesores, entre ellos José Cabello Roig (Instituto de Cabra) y Julio Monzón González (Instituto de Jerez de la Frontera, 1905-1914).

El primero muestra este cambio de orientación en un trabajo titulado “Del método de las ciencias físicas”, publicado en 1881 (Cabello, 1881, 309-317). En esta contribución insistía en la relevancia que tenía en el aprendizaje de la ciencia el dominio de los aspectos metodológicos, si bien primero se quejaba de la escasez de material en los gabinetes (“base indispensable de todo progreso en las ciencias físicas”). A continuación, afirma que se presenta el conocimiento como algo ya elaborado, sin explicar cuál es su origen, y aquí afirma que “Nos han enseñado, por ejemplo, cómo las leyes del movimiento uniformemente acelerado se comprueban por medio de la máquina de Atwood, pero no cómo de la observación de la caída de los cuerpos se ha llegado a establecer una ley” (Cabello, 1881, 309). En esta misma línea plantea Julio Monzón sus propuestas. En *Guía de la enseñanza de la física*, manual de la asignatura publicado en 1907 afirma que esta materia no está dedicada a mostrar cómo son las cosas, sino cómo suceden (Monzón, 1907, III). Los contenidos están dedicados no a contribuir a la retención de verdades, según afirma, sino a la inteligencia, a mejorar las capacidades de observación y relación, propuesta que apunta a dirigir la atención a los cometidos metodológicos¹⁹.

19 A continuación, transcribimos un amplio párrafo en el que se reflejan con claridad

El siguiente paso, ya advertido en declaraciones previas, fue cuestionar la propia disposición de aparatos, como ocurre en el trabajo de Fernando Sáinz, Inspector de Primera Enseñanza, sobre la escuela unitaria (Sáinz, 1927). El texto pretende ser una guía para el maestro, con el fin de que pueda emplearla para resolver los problemas que se encuentra en el desempeño de su profesión. Al final, se añaden dos secciones relevantes para los propósitos del trabajo (Sáinz, 1927, 37-44). En una se advierte sobre la importancia de dedicar un tiempo a la enseñanza del “método científico”, en particular a los procedimientos inductivos. En la otra se cuestiona la utilidad de reunir objetos ya manufacturados en las vitrinas y, en la línea de las propuestas del Museo Pedagógico, se aconseja el uso de materiales comunes: los tableros contadores, las cajas de sólidos, los grabados y representaciones son prescindibles. “¿Para qué adquirir un tablero contador si los niños pueden contar menos artificiosamente piedrecitas, plumas, bolas, botones...? ¿para qué gastar en una caja de sólidos geométricos, cuando en todas partes se ven cubos, conos, esferas y además todo eso es un concepto erróneo del cuerpo geométrico?”, se pregunta Sáinz. Los objetos para que sean aprehendidos deben descomponerse, analizarse y recomponerse; los materiales son importantes cuando obedecen a demandas específicas.

c. Artes, oficios y manualismo científico

Francisco Giner de los Ríos veía en el fomento de las destrezas prácticas una vía esencial para aplicar los ideales de la formación integral. En el infor-

las nuevas concepciones sobre la instrumentación, siguiendo una nueva interpretación del significado de los gabinetes en la enseñanza, una reflexión iniciada en profundidad en el Museo Pedagógico Nacional: “[El criterio del autor] sobre los aparatos, á los cuales considera como *instrumentos* para adquirir el conocimiento, nunca fin ú objeto de éste, le ha permitido reducir mucho la enseñanza, pues así no es preciso hacer nunca un estudio detallado de ellos, bastando de ordinario una idea esquemática de su funcionamiento, la presencia de ellos y la observación de su funcionamiento, cuando existan en el gabinete no hay por qué *aprenderlos*, pues á ningún maestro de ningún oficio se le ocurre obligar á los aprendices, á que conozcan al detalle herramientas, que no han de manejar en su vida. El profesor debe educar con lo que tenga, cuidando por supuesto de tener lo suficiente y si el material á su disposición fuere escaso, suplirlo con la observación de los fenómenos diarios, fábricas de la localidad, etc. /En cuanto al método de enseñanza, su ideal sería suprimir el libro: el profesor debería *hacer las experiencias* delante de los alumnos y trabajar para que los alumnos *indujesen* las lecciones, que de las mismas se desprenden: completaría esta labor con *observaciones* de la vida corriente [...]” (Monzón, 1907, VI-VII).

me que presentó en el Congreso Internacional sobre Educación, celebrado en Londres en 1884, donde aludía a las mejoras educativas españolas, se ocupaba de la enseñanza técnica (Giner, 2004, 315-325). Al referirse a los logros de la Institución Libre de Enseñanza decía lo siguiente:

La Institución Libre es también la primera que en España ha introducido el trabajo manual en toda la enseñanza primaria, y tal vez una de las primeras en Europa que lo ha incluido en la secundaria por considerarlo un elemento indispensable, no solo de la educación técnica, sino, dentro de ciertos límites, de toda la educación racional humana. (Giner, 2004, 318)

Este modelo, en el que se promovía el manualismo, debía ser válido igualmente para la enseñanza de las ciencias. La técnica, por tanto, era la base sobre la que se sustentaba un discurso reformista que partiendo de la conexión entre el cerebro y la mano, así como de los ejercicios prácticos realizados en clase, buscaba un aprendizaje que se integrara en la vida del estudiante. En el Instituto-Escuela de Barcelona, influido por estos planteamientos, se decía: “optamos por un eclecticismo absoluto, dando entrada en el Instituto y categoría de disciplina a toda clase de actividades manuales prácticas” (*Crónica*, 1934, 15; cit. en González de la Lastra y Guijarro, 2013). Implícitamente se alentaban en estos enfoques un distanciamiento de la pedagogía memorística y del intelectualismo.

Siguiendo este planteamiento se confeccionaron algunas obras, destinadas preferentemente al público de la enseñanza primaria, como la escrita por el maestro de escuela Santiago Díaz Recarte, *La construcción de un gabinete de física en la escuela* (publicada en 1934 por la Caja de Ahorros Municipal de Bilbao). En la prensa especializada se incluían secciones dedicadas a la confección de artefactos con materiales sencillos, como en la *Revista de Segunda Enseñanza*, que contaba con una “Sección pedagógica” dedicada en parte al “Material de nuestras clases”. Allí aparecían relaciones de materiales simples (listones de madera, horquillas, tapas de botes, cordones...) para fabricar una balanza o soportes universales para los recipientes de química²⁰.

Una de las instituciones españolas centrales en la articulación de un discurso teórico y práctico en torno al metodologismo y al manualismo fue el Mu-

20 P., J. de la (1926, 13-14); véase Estalella (1926), donde elogia las labores del maestro José Escarpanté de la Escuela tarraconense del barrio de San Pedro, basadas en el uso de materiales simples.

seo Pedagógico Nacional²¹. Establecido en la primera etapa de la Restauración, fue una de las vías de difusión de los presupuestos de la Institución Libre de Enseñanza. Sus aportaciones, que se extienden durante casi seis décadas, son fundamentales para entender las nuevas visiones de los objetos científicos y, como consecuencia de estas posiciones, su desafío a la industria tradicional de fabricación de instrumentos y a la idea de artefacto prefabricado.

El Museo Pedagógico fue concebido como un centro de investigación, enseñanza y asesoramiento. Estaba dedicado a estudiar los problemas modernos de la pedagogía, difundir las corrientes extranjeras y responder a las peticiones de organismos gubernamentales y educativos. Algunos de estos propósitos se comprueban en la atención dispensada a áreas determinadas, que revelan las intenciones pedagógicas de la institución. Este es el caso, por señalar un ejemplo significativo, del interés por reformar los estudios de dibujo. Su relevancia radica en que este proyecto aúna los dos ejes de la filosofía renovadora: enseñar a ver y enseñar a hacer. De igual manera, esta materia fomentaba el cultivo de las habilidades ausentes en la enseñanza tradicional, carente de las facetas que ahora se presuponían indispensables: el realismo, la práctica y la experimentación (García del Dujo, 1985, 104-106). Así, una parte representativa de las colecciones del Museo estaban destinadas a reunir modelos y objetos. Estos debían dibujarse tal y como se observaban, sin emplear estampas o láminas. Una filosofía análoga se asumía en el resto de los campos, ya fuera en la técnica o en las ciencias, donde el *hacer* formaba parte del propio aprendizaje.

De esta forma se traslada la nueva mentalidad a la educación, donde el foco se sitúa en el proceso de aprendizaje. Consecuentemente, deja de tener sentido la sobrecarga de materiales, a los que el estudiante solo responde de manera contemplativa, porque ahora lo fundamental no es recibir una experiencia, sino que el estudiante intervenga en la propia experiencia. El profesor debe actuar para orientar un trabajo que corresponde realizar a los alumnos. Así pues, las colecciones estandarizadas de instrumentos no son ya relevantes. En las líneas que transcribimos seguidamente se expresa con claridad este cambio de significado:

El carácter contemporáneo, en cuanto al elemento de la actividad, consiste en el esfuerzo con que en algunas escuelas se intenta ya sustituir, en la mayor parte de las enseñanzas, el predominio de las explicaciones del maestro por el mero *trabajo personal* del alumno.

21 Su primera denominación fue, según el Decreto de 6 de mayo de 1882, Museo de Instrucción Pública.

A este mismo sentido obedece la transformación que hoy experimenta el *material de enseñanza*; problema que ha perdido interés de actualidad, a medida que la atención se ha encaminado más al estudio científico de los fenómenos psicológicos, como base de la metodología. La tendencia que de aquí se deriva, lleva a prescindir de los medios e instrumentos previamente contruidos y amengua el valor pedagógico de las colecciones fabricadas de antemano. La naturaleza misma es antes que el aparato, y muchas veces no hay necesidad de este en ningún caso. Las leyes físicas han de buscarse, ante todo, en el objeto natural, dónde y cómo hubo de verlas el primer observador. Y el reproducir los fenómenos artificialmente es obra educativa, propia, no del industrial constructor, ni aun del científico, sino del mismo alumno, que, con su trabajo, debe ser el verdadero fabricante del material de enseñanza (Cossío, [1897] 2007, 205).

Entre 1851 y 1905 se crearon en Europa (donde destaca Alemania) y América²² 75 museos comprendidos en esta categoría (García del Dujo, 1985, Apéndice 1). Antes del Museo Pedagógico español existían ya en torno a 25 centros similares²³. Más tarde, en la segunda y tercera década del siglo XX, los museos pedagógicos fueron cediendo sus funciones a los institutos psicopedagógicos que se crearon con diferentes denominaciones, así como a las escuelas de formación de profesores y a los organismos asesores de material científico.

En la conferencia “El maestro, la escuela y el material de enseñanza”, impartida en El Sitio de Bilbao en 1906, Cossío, director del Museo desde 1882, emplea el concepto “antimuseo”. Reúne en esta expresión la percepción del autor sobre la educación técnica, asunto ya estudiado (Otero, 1994, 155-156; 2007) y, más particularmente, sobre el uso de recursos materiales por los estudiantes. Decía Cossío que el propósito de la educación técnica no debía ser la formación de aprendices cuyo destino fuera el proceso productivo. En su perspectiva, este tipo de instrucción tenía un cometido más amplio, un desarrollo integral del ser humano que comprometía igualmente a la moral. Una idea que remite a Rousseau y a su filosofía de la labor artesanal²⁴. No

22 Con la excepción del de Tokio, de 1878.

23 Por ejemplo, el Museo de Stuttgart (1851), Schulmuseum de Hamburgo (1855), el Educational Museum de Londres (1857), el Musée pédagogique et une Bibliothèque centrales de l'enseignement primaire de París (1879), el Musée scolaire de l'Etat de Bruselas (1880), Lechrmettelausstellung de Viena (1872), Museo d'instruções e d'educações de Roma (1874), Deutsches Schulmuseum de Berlín (1875) y el de Lisboa (1883).

24 Sobre el interés de Cossío por Rousseau, véase Otero (2005, 485-501), dedicado a las clases que impartió sobre el pensador ginebrino en la cátedra de Pedagogía Superior de la Universidad Complutense de Madrid, en los cursos 1911-12 y 1912-13; entre otros

se trata de reproducir, sino de producir, y también de oponerse al “sentido mecánico, receptivo y de pura estampación que impera en el desarrollo intelectual”. Para Cossío, “toda educación debe ser esencialmente creadora, sea cual sea el material en que el producto se informe”. De este modo se reduce la importancia del material manufacturado, el que se encontraba presente en los gabinetes de los institutos que veremos, formados por las adquisiciones a los fabricantes/mediadores de variados artefactos estandarizados. Según sus palabras, “un termómetro solo debía entrar en la escuela si el alumno lo había construido previamente. Cuando un niño modela un objeto le quita su misterio, intima en su mecanismo, penetra en sus leyes naturales”²⁵.

Cossío mantuvo un notable interés, reconocido explícitamente, por las tradiciones y la filosofía vinculada a las prácticas artesanales. Como cuenta Otero, en el viaje del pedagogo a Londres para participar en el Congreso Internacional de Educación de 1884 convocado en South Kensington, entra en

asuntos, se menciona que a Cossío le llamó la atención que Rousseau empleara la obra de Jacques Ozanan, *Récréations mathématiques et physiques*, libro publicado en 1694, para familiarizarse con la física.

25 Su posición sobre los objetos científicos se manifiesta con claridad en la siguiente anécdota, que Cossío acompaña de una reflexión: “Mostraba cierto profesor de una de nuestras Universidades su laboratorio, y mostrábalo orgulloso de la cantidad y riqueza de aparatos, de material de enseñanza que encerraba. “Es mejor, acabó diciendo, que todo lo que he visto y tiene el Colegio de Francia”. Su interlocutor, entonces, se atrevió a preguntar tímidamente: -“Y ¿Qué han hecho ustedes aquí con todo este material? Porque lo que en el Colegio de Francia se hace, todo el mundo lo sabe.” Y ¡tanto como se sabía! Harto estaba en él, Berthélot, de colaborar a la historia de la Química; y allí, en sus sótanos, por aquellos días y con cuatro cacharros, como suele decirse, acababa Claudio Bernard de abrir hondo surco a la Biología./Trasladad esto mismo a nuestra esfera, y comprenderéis que no es lo urgente comprar aparatos para nuestras escuelas, sino poner a todos nuestros maestros en situación de poder manejarlos, con una educación sobria, pero verdadera, práctica, realista, en vez del ridículo aprendizaje de la Física, de la Química y de las Ciencias Naturales, verbal y de memoria. Si el instrumento se adquiere precipitadamente, quiero decir, sin dar antes al obrero condiciones –y son muchas las que necesita– para poder utilizarlo con fruto, sucederá, por necesidad lo que todos sabéis viene ocurriendo. O el instrumento se descompone a la primera ocasión, y arrumbado queda eternamente, como tanta máquina agrícola ha quedado en nuestros eriales sin cultivo, o inmaculado seguirá reluciendo, como mero objeto de adorno, en la vitrina. El material es necesario; pero hay que preparar el terreno para que fructifique, hay que atender al obrero antes que a la máquina, si no queremos que, de las mejores intenciones, del móvil más puro, por falta de oportunidades, puedan engendrarse, como se engendrarán de cierto, el escepticismo y el descrédito” (Cossío, [1897] 2007, 64).

contacto con el movimiento de los *esthetes*, comandado por John Ruskin²⁶, referente a su vez de una renovación en la educación estética y técnica (Otero, 1994, 28 y 81; Otero, 2007, 46). Comenzó entonces una de las influencias más intensas del pensamiento de Cossío, procedente en este caso del mundo anglosajón.

En los Instituto-Escuela, promovidos por la Junta para la Ampliación de Estudios (JAE) y establecidos -el primero- en 1918, se asumieron de igual manera los planteamientos del manualismo, como ya se ha indicado. Los trabajos prácticos se contemplaban como manipulaciones de laboratorio al servicio de las ciencias. Estas tareas, se decía, además de servir “para la educación de los sentidos, para alcanzar la perfecta correlación entre la mente y la mano, y como auxiliares para el desarrollo mental”, se entendía que representaban una “excelente ocasión para estudios con los cuales pueden combinarse, v. gr.: las Matemáticas, la Física, las Ciencias naturales” (JAE, 1925, González de la Lastra y Guijarro, 2013, 182). El taller de carpintería, por ejemplo, estuvo dedicado en el curso 1926-27 a elaborar materiales para enseñanzas científicas²⁷.

26 Sobre el colectivo de los estéticos (“*esthetes*”), y en general sobre la cultura de la producción manual, Sennett (2009), con diversas alusiones a Ruskin y Morris.

27 “En el taller de carpintería para los niños se estableció, durante el curso, una relación entre esta clase de trabajo manual y la clase de Física, construyendo los alumnos diversos aparatos y utensilios destinados a las prácticas de esta asignatura. Existe el propósito de continuar por este camino en los próximos cursos, construyendo varios aparatos ya proyectados y enlazando la enseñanza manual con la Física y probablemente con otras ramas de la enseñanza.” (JAE, 1929, 317).

CAPÍTULO 2

LA MEDIACIÓN POLÍTICA

1. Introducción

El sistema estatal que articula la política educativa, compuesto por legisladores y gestores, define las intervenciones en el uso de los objetos científicos y técnicos por medio de la distribución de los espacios y tiempos y por medio de los decretos relativos a los mecanismos de adquisición de material. En España, se caracterizó por su propósito centralizador y su orden jerarquizado, rasgos que delimitaban unos márgenes a la recepción de recursos, ya fueran nuevos o no, en los centros de enseñanza. Pero su mediación no se limitaba a las instrucciones burocráticas y económicas, sino que se extendió a las orientaciones filosóficas y pedagógicas que legitimaban la acción política.

El sector de la administración política mantenía vínculos estrechos, como ya se indicó en el primer capítulo, con el sector de la fabricación de instrumentos, permitiendo el asentamiento de programas, métodos y valores homogéneos. También, obviamente, con el colectivo de los docentes. Con estos últimos, la comunicación no estuvo exenta de tensión, hecho derivado del sometimiento de las prácticas pedagógicas y científicas a las prioridades del orden burocrático estatal. En las declaraciones de los profesionales de la enseñanza hay elogios y críticas que se manifiestan en memorias y actos inaugurales, y también hay acciones e iniciativas personales en los márgenes del aparato administrativo, de las que nos ocuparemos en los próximos capítulos.

Antonio Viñao en *Escuela para todos* (Viñao, 2004, 31) distingue diversos colectivos cuyos intereses no siempre coinciden: el de los teóricos, el de los legisladores y gestores, y el de los profesores. Afirmar además que el encuentro siempre limitado entre estas culturas se produjo gracias al papel desempeñado por los intermediarios representados por profesores del nivel primario, por los procedentes del sector de inspectores y por los profesores de las escuelas normales. Sobre esta relación conflictiva entre las culturas mencionadas, Larry Cuban, aludiendo específicamente a la tecnología educativa, escribió en *Teachers and Machines: The Classroom Use of Technology Since 1920* (1986, 5) que el entusiasmo mostrado habitualmente por

políticos, gestores y empresarios en los cambios tecnológicos contrastaba con el escepticismo del sector del profesorado. En el discurso de los administradores no eran frecuentes los comentarios críticos acerca de la viabilidad o no de las innovaciones.

Pero los profesores y teóricos de la educación, como sujetos activos en el proceso de apropiación de las novedades y por tanto en sus usos reales según las condiciones de trabajo, sí se preguntan por el significado de los objetos, y en algunas ocasiones muestran resistencias a su empleo en las aulas.

La intervención política, pues, orienta las adquisiciones de material, sin determinar completamente sus usos, y fomenta la producción de objetos científicos y técnicos. La industria, por su parte, contribuye al sostenimiento de las políticas públicas. Aunque existieran establecimientos importantes en España ya en la década de 1840, Gil de Zárate, acudiendo a Francia, determinó los proveedores de instrumentos de los centros y estableció las prioridades de las futuras adquisiciones, si bien los institutos de enseñanza secundaria contaron con márgenes propios para las compras y las intervenciones de los docentes (como se muestra en los capítulos 4 y 5). El fomento de la industria nacional, reclamado por algunos por sus beneficios en costes y formación técnica, no se vio acompañado de estrategias estatales definidas. Como veremos en los próximos capítulos, los resultados de la creación en 1911 del Instituto de Material Científico fueron, si nos ceñimos al propósito citado, muy limitados. Ahora bien, en el sector privado sí se consolidaron a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX y principios del XX diferentes proyectos empresariales, especialmente en el terreno del material pedagógico, donde no existía una demanda de instrumentos de precisión.

En España, los recursos instrumentales se difunden y promueven, especialmente a partir de mediados del siglo XIX, por su contribución a la política educativa centralista y modernizadora mencionada. Pero, más específicamente, dentro de la enseñanza de las materias científicas, responde a los intentos de forjar una alternativa a la tradición verbalista y memorística dominante. Se pretende extender el presupuesto de que la ciencia parte de los fenómenos y se explica por ellos. Por tanto, en la educación científica elemental deben estar presentes los productores de esas experiencias, es decir, los equipos instrumentales. De esta forma se reproducen los viejos argumentos ilustrados que habían convertido a la llamada física experimental en la herramienta idónea para desprestigiar la física aristotélica, la del antiguo régimen. Téngase en cuenta que a principios del siglo XIX todavía en los planes se distinguía

entre una física general y una física particular, y que en la primera parte se reproducían contenidos relativos a la filosofía natural de Aristóteles¹.

A partir de la década de 1880, en diversos países, entre ellos España, emergió, como ya se mostró, una poderosa alternativa que se articuló en torno a valores epistemológicos, sociales y culturales vinculados al positivismo dominante. Su expansión se vio beneficiada por el acceso a las instituciones durante el Sexenio Democrático de personas vinculadas directa o indirectamente con el movimiento krausista, que situaba a la pedagogía en el centro de la renovación política y científica. Un efecto de esta perspectiva fue el cambio de significado que recibieron las colecciones de materiales, aparatos e instrumentos que se adquirían en los institutos de segunda enseñanza.

2. Los instrumentos de la política liberal

a. El propósito de los recursos materiales

En el siglo XIX se registran diversas novedades que afectan al mundo de la enseñanza. En la política educativa se activan los planes estatales con la distinción de niveles de enseñanza, la creación de nuevos centros, la atención a la formación del profesorado, etc. Dentro del reinado de Isabel II y con los liberales moderados en el poder, se inicia una etapa diferente en la gestión del modelo educativo. Los artífices de esta nueva orientación son el ministro de Gobernación Pedro José Pidal y, sobre todo, el Director General de Instrucción Pública Antonio Gil y Zárate. Los recursos materiales y los gabinetes adquirieron un valor determinado dentro de este marco y este significado se reforzó, como se verá, en los años siguientes.

Gil y Zárate, el ideólogo de la reforma y émulo, según Juan Mainer, de los franceses Francois Guizot y Victor Cousin (Mainer, 2011, 102) estable-

1 Con la vuelta del absolutismo, se recupera la dualidad tradicional de los estudios de física, hecho que queda patente en el plan de estudios aprobado en 1824 ("Plan literario de estudios y arreglo general de las Universidades del Reino, aprobado por real orden de 14 de octubre de 1824", Historia, [1824] 1985, II, 68-122). Además, se alude a una disciplina con un alcance más limitado, la física experimental, a la que se adscribe la colección de aparatos. La escasa atención recibida por el gabinete del Instituto de San Isidro durante este tiempo, donde existía una cátedra de Física experimental y una colección apreciable de instrumentos, es un ejemplo de la poca relevancia que se concede a esta dependencia en los planes de la política educativa.

ció el marco político en el que se contemplaron los cambios emprendidos.² El político, nacido en una familia de artistas en 1791, pasó en Francia largas temporadas. Una de ellas fue durante la Restauración, en la que las ideas de los doctrinarios (con Guizot como uno de los representantes destacados) se habían extendido en los ambientes intelectuales. Se interesó por las ciencias físicas, materia sobre la que siguió algún curso en el país galo y también en el Instituto de San Isidro. En 1811 aparecía como estudiante de Física experimental en este último centro, cuando era profesor de la asignatura Antonio Gutiérrez. Su interés por estas materias fue notable, hasta el punto que quería dedicarse exclusivamente a su cultivo. Pensaba que para su difusión eran necesario combinar las ciencias físicas con la literatura. Después sin embargo se dedicó de manera esporádica a la docencia, impartiendo clases de francés y de historia, y especialmente al ejercicio de las artes literarias. Como ferviente defensor de la causa liberal, sufrió la persecución absolutista. En la Administración, comenzó en el Ministerio de Gobernación y después de ocupar diversos cargos llegó a la jefatura de la sección de Instrucción Pública en agosto de 1844. Desde allí contribuyó decisivamente al diseño de la política educativa.

En una de sus principales obras, *De la Instrucción Pública en España* (1855) refleja cuáles son las distancias que pretende establecer tanto con etapas anteriores como con intereses particulares de algunos colectivos. El control de la política educativa es vital dentro de este proyecto:

Porque, digámoslo de una vez, la cuestión de la enseñanza es cuestión de poder: el que enseña, domina; puesto que enseñar es formar hombres, y hombres amoldados a las miras del que los adoctrina. Entregar la enseñanza al clero, es querer que se formen hombres para el clero y no para el Estado; es trastornar los fines de la sociedad humana; es trasladar el poder de donde debe estar a quien por su misión misma tiene que ser ajeno a todo poder, a todo dominio; es en suma, hacer soberano al que no debe serlo (Gil de Zárate, I, 117).

Moderados y progresistas manifestaban escasas diferencias en este terreno: siguiendo el modelo francés, defendían la acción de una administración centralista. Las instituciones comprometidas con el diseño de la arquitectu-

2 Está pendiente aún una biografía moderna de su figura; sigue siendo una de las fuentes principales de su vida, junto con los datos diseminados en referencias en otros trabajos, Gil Muñoz, A. (1929): «Los reformadores de nuestra Instrucción. Don Antonio Gil de Zárate», *Revista de Pedagogía*, 96, 551-559. También ofrece una aproximación a su figura la biografía de la Real Academia de la Historia, en <<http://dbe.rah.es/biografias/10692/antonio-gil-y-zarate>>

ra educativa eran la Dirección General de Instrucción Pública, el Consejo de Instrucción Pública y la Junta de Centralización de Fondos. Con esta configuración se pretendía garantizar el orden, la eficacia y la racionalización administrativa, y así, la superación de los localismos y de los corporativismos heredados del antiguo régimen.

Atendiendo a esta estructura burocrática, que articula la política educativa en España desde 1845, las decisiones sobre las novedades en los métodos de enseñanza estaban, en la primera etapa, sometidas a un proceso jerárquico; se trata pues de un ejemplo de lo que Everett Rogers denominó “authority innovation-decision” (decisiones sobre las innovaciones dependientes de una autoridad o de un grupo reducido de personas)³. Pero esta estructura admitía una cierta flexibilidad: permitía a los fabricantes y a los profesores añadir modificaciones y recursos novedosos.

El destino de esta enseñanza era una parte de la población, las clases medias urbanas, como reconocía también Gil y Zárate y se exponía en la presentación general del Plan⁴. Se pretendía entonces preparar a esta franja de la sociedad para la enseñanza superior en facultades y escuelas; también proporcionar una educación para la vida (lo que significaba formar ilustres servidores del Estado, honrados ciudadanos, con respeto y sumisión a los poderes, y administrar una *cultura científica*). Además, estaba previsto que los estudiantes reuniesen conocimientos que sirvieran para profesiones de grado medio o industriales, objetivo este último complementario y no constante (Sanz, 1985, 35-44). Como se comprobará, fue el segundo cometido –la formación cultural– el predominante, por lo que hay que retenerlo para comprender el destino y significado de los gabinetes. Es decir, no era una prioridad formar

3 Rogers (1983, 3^a ed.).

4 “Divídese el proyecto en cuatro secciones. La primera trata de las diferentes clases de estudios, de las materias que ha de abrazar cada una de ellas, y del orden con que deberán darse las enseñanzas. Preséntase, en primer lugar, aquella que es propia especialmente de las clases medias, ora pretendan sólo adquirir los elementos del saber indispensables en la sociedad o toda persona regularmente educada, ora intenten allanarse el camino para estudios mayores y de adquisición más difícil. Esta enseñanza, conocida generalmente con el nombre de secundaria, ha dado siempre margen a serias consideraciones y sistemas diversos, ofreciendo su arreglo dificultades inmensas que varían al infinito según los climas y los pueblos. Ella es la que, apoderándose del hombre desde su primera edad hasta la adolescencia, da a su entendimiento una dirección provechosa o extraviada y le señala para toda su vida con un sello indeleble”, Real decreto aprobando el Plan General de estudios, 17 de septiembre de 1845 (Historia, II, 1985, 194-195).

científicos ni técnicos, por lo que la enseñanza se compone de contenidos destinados a su repetición más que a su análisis. El uso de los aparatos también se adaptará a este cometido: el de la demostración e ilustración de verdades establecidas más que su examen.

Disponer de un gabinete en un centro de segunda enseñanza significaba señalar cuál era la orientación que debían adquirir determinadas materias icónicas de la modernidad, como eran la física y la química. Era de esta manera como se aseguraba la presencia de los métodos experimentales en las aulas, según los presupuestos del siglo XVIII que se refuerzan durante la siguiente centuria. Gil y Zárate insiste en la relevancia que tiene promover estos procedimientos, y así afianzar las pretensiones modernizadoras del gobierno y de su política educativa⁵. En su obra alude a un pasado que ha tenido momentos gloriosos, con la promoción de las ciencias experimentales y la instalación de los gabinetes; tiempos que evoca para legitimar sus aportaciones.

En el Plan general de estudios, aprobado por Real Decreto de 17 de septiembre de 1845, solo hay una mención a los gabinetes de instrumentos, y esta se produce al tratar la figura docente del regente-agregado, que sustituirá al catedrático y tendrá a su cargo las colecciones, además de otras tareas. La información completa sobre la tecnología empleada como apoyo a la enseñanza se encuentra, sin embargo, en el Reglamento para la ejecución del Plan del 22 de octubre de 1845. Está en el Título VI dedicado a los medios materiales que debe haber en los establecimientos. La atención al “medio material”,

5 Los métodos establecidos [en las universidades] hallaban por esta razón decididos sostenedores en el clero y la inquisición, que a su vez contaban con los doctores universitarios para la censura de los libros y la propagación de las doctrinas ultramontanas, combatidas ya entonces por atrevidos regalistas. Únase a todo eso que el hábito durante siglos contraído de no dedicarse más que a vanas abstracciones, inspiraba invencible aversión a los métodos experimentales; teniéndose por fruslerías e inútiles objetos de curiosidad, indignos de hombre graves y sesudos, los resultados de las ciencias físicas y naturales” (Gil de Zárate, I, 38-39). Mientras la Península ibérica [en el siglo XVII] permanecía en el estado de postración que acabo de bosquejar, ¿cuán diferente espectáculo presentaban las demás naciones europeas [...]? Cuando la filosofía aristotélica se apoderó cual soberana del movimiento intelectual, no todos la comprendieron del modo erróneo que hemos visto, y no faltó quien interpretara mejor sus verdaderos principios. A las lucubraciones puramente abstractas y teológicas, supieron reunir la ciencia experimental, naciendo de aquí una serie de hombres cuya grande y noble inteligencia contribuyó poderosamente a que por fin triunfara en todos los dominios del saber humano la independencia del pensamiento” (Gil de Zárate, I, 32; en la página 33 se repite dos veces más el concepto de ciencia experimental).

tal y como aparece en el texto, tiene que ver con la defensa de valores utilitaristas en los círculos gubernamentales. Se extiende una forma de contemplar nuestro entorno, que incluye todos los medios disponibles, como recursos aprovechables por el habitante de un país. Referido a los materiales preservados en colecciones científicas y técnicas, significaba arrebatarse a los artesanos sus habilidades tácitas e intransferibles y convertir estos conocimientos en algo objetivo, visible y compartido. Este último cometido estaba vinculado al firme intento de dismantlar las estructuras sociales y estamentales que los custodiaban, y de formar ciudadanos útiles para la nación.

Así pues, más que una preocupación por las posibles aportaciones curriculares a la adquisición de habilidades prácticas y técnicas específicas, en contraste con las meramente teórico-verbales, como se ha mantenido, el discurso legislativo del gobierno liberal –y este apartado en concreto– refleja un propósito moral. Si se hubieran querido promover aplicaciones particulares, la atención hacia la química debería haber sido igual o mayor que la dispensada a la física, ya que contaba con un repertorio más amplio de usos prácticos⁶.

Los contenidos particulares de las materias impartidas debían contemplarse en un marco más amplio, el que aportaba también el curriculum oculto. El estudiante, según este planteamiento, aprendía cuando contemplaba el edificio, al observar la distribución de los espacios, al ubicarse en un aula bien iluminada con bancos ordenados, al tener a su alcance visual objetos que le aportaban conocimientos complementarios (las láminas en las paredes, animales disecados, minerales, un jardín, una estación meteorológica...). Esta visión es compatible con un curriculum que insiste, como veremos, en la formación humanística, ya que los valores que se desean transmitir, como son la función social y pública del conocimiento, no se encuentran solo en las ciencias físicas, químicas y matemáticas. Son, por el contrario, realidades intangibles presentes en numerosas acciones, discursos y construcciones intelectuales y materiales. A este tipo de educación en un sentido más amplio se está refiriendo Gil y Zárate cuando se pregunta, al describir las mejoras

6 Algo evidente desde 1800: la química tenía relaciones estrechas con sectores manufactureros e industriales (elaboración de sosa; minería y metalurgia); con el sector agroalimentario y biomédico (análisis de alimentos, procedimientos de extracción y elaboración de azúcar, refinado de aceite, industria de curtido...); con el sector militar (análisis de materiales para la producción de cañones y pólvora) y con procedimientos alternativos de iluminación, instrumentación científica y aerostación (Guijarro, 2007, 52-58).

introducidas en la segunda enseñanza “¿Conviene que en cada provincia exista un centro de ilustración para que poco a poco se vayan propagando por ella los conocimientos útiles, y desaparezca esa rudeza, esa ignorancia que desgraciadamente conservan muchos todavía?” (Gil de Zárate, 1855, II, 57). Solo el “Instituto” puede cumplir esta función, según el autor, porque no solo están pensados para proporcionar una instrucción preparatoria para estudios superiores, sino igualmente para satisfacer los deseos de algunos estudiantes “de adornar su entendimiento, y ostentar, como su situación social lo exige, una educación esmerada” (Gil de Zárate, 1855, II, 58). También es adecuada para quienes solo desean cursar algunas asignaturas. Solo al final se reconoce que es apropiado para habilitar a los jóvenes para muchas profesiones, esto es, para facilitar “los medios para lograr en breve tiempo y sin gastos, una ocupación lucrativa” (Gil de Zárate, 1855, II, 58).

En las alusiones de Gil y Zárate a los recursos materiales se observa de igual manera la relevancia que estos adquieren en el proyecto reformista y unificador. El ideólogo recuerda el plan del Duque de Rivas, sus méritos y limitaciones, y añade que solo cuando se dispuso de un régimen administrativo que permitió al gobierno gestionar los fondos provinciales, fue posible superar los problemas de los sistemas anteriores. Hasta 1845 esto no se produjo, momento en el que los ayuntamientos y las diputaciones contaron con una organización más eficaz. Pero en esos años la situación para crear un instituto mediano se presentaba complicada porque no existían edificios, profesores, aparatos ni colecciones. El desfase del profesorado se pretendió resolver de diferentes maneras, pero hasta 1850 no comenzó tras diversas dificultades a mejorar sensiblemente la situación. Por su parte, los edificios eran el recurso más importante de la parte material porque “un edificio ancho, espacioso, bello, bien distribuido y con todas las dependencias que su objeto requiere, predispone a su favor, y hasta inspira a los que en él ejercen sus funciones un noble orgullo que les hace redoblar sus esfuerzos...” (Gil de Zárate, 1855, 68). Después, la atención se dirigió a los gabinetes y colecciones. En la reseña algo optimista sobre los institutos existentes en 1852, repite en diversas ocasiones los términos “espacioso” y “ventilado” (conceptos que anticipan el higienismo de épocas posteriores) y la buena provisión de sus gabinetes.

A continuación, transcribimos el apartado dedicado a la provisión de espacios y material prevista en el plan Pidal⁷.

7 Ministerio de la Gobernación de España, Resolución aprobando el Reglamento para la ejecución del Plan de Estudios, 22 de Octubre de 1845 (Historia, II, 1985).

Título VI. De los medios materiales de instrucción que ha de haber en los establecimientos públicos de enseñanza

Art. 171. Todo establecimiento de enseñanza debe tener el suficiente número de aulas capaces, claras y ventiladas, para que los estudiantes quepan en ellas cómodamente. Los asientos, siempre que sea posible, estarán dispuestos en forma de anfiteatro, y la cátedra del profesor con alguna elevación para que pueda descubrir a todos sus discípulos, y sea oído con claridad.

Art. 172. Sea cual fuere la naturaleza del establecimiento, habrá una biblioteca y un archivo. Donde exista universidad o instituto, la biblioteca provincial se reunirá a la de estas escuelas, y se aumentará con todos los libros que puedan recogerse de los que pertenecieron a los suprimidos conventos.

Art. 173. Los institutos de segunda enseñanza y facultades de filosofía tendrán, además:

1º Los instrumentos de matemáticas necesarios para la enseñanza de estas ciencias, como igualmente una colección de sólidos para las demostraciones de geometría.

2º Los globos, mapas y demás que requiere la enseñanza de la geografía.

3º Los cuadros sinópticos que faciliten la de la historia.

4º Teodolitos, planchetas y otros instrumentos necesarios para el alzado de planos y demás operaciones de la geometría práctica.

5º Un gabinete de física con todos los aparatos que exige la enseñanza elemental de esta ciencia.

6º Un laboratorio de química con los aparatos y reactivos necesarios.

7º Un patio donde se puedan hacer las operaciones químicas que exigen el aire libre.

8º Una colección clasificada de mineralogía.

9º Otra colección de zoología en que existan al menos las principales especies, y láminas en que se representen los diferentes seres de la naturaleza cuyo conocimiento convenga dar a los alumnos.

10º Un jardín botánico y un herbario dispuesto metódicamente.

b. La provisión de los objetos

El cometido más inmediato fue resolver las carencias de las universidades, acción que serviría de modelo para afrontar posteriormente las demandas de la educación secundaria. El procedimiento y los propósitos se establecían en la Real Orden de 28 de octubre de 1846⁸, donde se especificaba que:

los instrumentos y demás objetos que solo puedan adquirirse en país extranjero, lo serán igualmente por medio de contratas hechas con uno o más de los principales constructores, según parezca más conveniente, procurándose sacar todas las ventajas posibles, ya en los precios presupuestados por la comisión, ya en la bondad de los aparatos, que como destinados a las explicaciones en la cátedra, sino también a los experimentos y trabajos

8 Real orden (1846, XI, 605-607).

que han de hacer los profesores para los adelantos de las ciencias, deben ser de primera calidad y tomados a prueba.

Se señalaba que para cumplir lo demandado debía trasladarse a París un comisionado de toda confianza, misión que correspondía a Gil de Zárate, con las tareas añadidas de visitar establecimientos de enseñanza de esa ciudad y si fuera conveniente, también de Bélgica y Holanda.

Gil y Zárate decidió entonces viajar a la capital francesa, al centro mundial en esos momentos de la fabricación de instrumentos, una ciudad que conocía bien. Así, el político establecía una vía de comunicación con el mediador industrial, el que suministraba piezas, orientaciones y valores, según veremos en el siguiente capítulo. De acuerdo con su narración, una vez comprobada la precariedad de los centros para impartir la física experimental y la química según los estándares modernos, decidió cuantificar los gastos que el equipamiento de diez universidades supondría (al final fueron once). La cifra total se aproximaba al millón de reales (Gil de Zárate, 1855, III, 254-257). Con algunas dudas por la abultada inversión decidió seguir adelante, contando con que los fondos de Instrucción Pública eran cuantiosos. Disponía de un crédito de 160.000 francos en la casa del Sr. Aguirrebengoa, banquero del gobierno español en París. Este hecho facilitaba la realización de los pagos al contado, con lo que se podían conseguir ventajas en las compras⁹.

Formó una comisión para elaborar un catálogo modelo de las piezas que debían comprender los gabinetes universitarios, y al mismo tiempo se pidieron informes a estos centros, con el fin de compararlas con las previsiones presentes en los listados. En su relato, confiesa que la tarea la asumía como una empresa personal ejecutada en el momento adecuado: cualquier retraso hubiera puesto en peligro el proyecto. Así describe las circunstancias previas de su viaje:

Quise ser el portador de estos elementos de ilustración para mi patria; y a pesar de hallarnos en el corazón de un invierno rigurosísimo, marché sin pérdida de tiempo a París, en noviembre de 1846, acompañado del profesor de física D. Juan Chávarri.

Los comisionados contaron con la colaboración de Mateo Orfila, decano de la Facultad de Medicina en París, quien les informó a su llegada de los fabricantes que ofrecían mayor confianza en la confección de los aparatos requeridos. Finalmente se eligió a Pixii y Deleuil para los instrumentos de físi-

9 Real orden (1847, X, 130-136).

ca, Lizé y Clech para la cristalería y porcelana, y los hermanos Rousseau para el material químico.

En París cerró con los fabricantes los contratos de compra de los instrumentos comprendidos en la lista elaborada previamente, salvo algunas modificaciones. Como estaba previsto, el volumen de las adquisiciones le permitió obtener algunas rebajas. Consiguió una reducción de una quinta parte sobre el precio inicial (de 144.345 fr. y 12 cént. a 116.597 fr. y 10 cént.); con el sobrante se adquirieron materiales para otras disciplinas. Y el compromiso fue que estarían disponibles en el plazo de año y medio, el tiempo que tardarían en construirlos. Con el fin de añadir mayor verosimilitud a la hazaña, menciona algunos ejemplos de las piezas adquiridas, como las “balanzas de precisión” (concepto este último fundamental de la retórica antiverbalista), “máquinas de vapor” (representantes de la modernidad tecnológica) y una extensa lista de materiales para las operaciones químicas, así como series de objetos destinadas a las facultades de Farmacia y Medicina, como la “colección médica llamada de Tibert [Thibert]”¹⁰.

En esta compra masiva también se adquirieron algunas piezas de fabricantes españoles. Gil y Zárate señala que muchos de estos objetos del catálogo modelo solo podían obtenerse en el extranjero, pero aún quedaba una cantidad aceptable para el territorio nacional, como “gran cantidad de hornillos fabricados con la espuma de mar que se encuentra en las cercanías de Madrid, retortas y crisoles de superior calidad que se fabrican en Zamora, y otros aparatos de madera y metal labrados en la Corte”. Seguidamente se refiere al material científico destinado a otras disciplinas, como las Matemáticas, la Geografía y la Historia. Así pues, como se completará en el siguiente capítulo, se descartaban para la parte más amplia de las compras, la física y las materias afines, los recursos de firmas españolas ya asentadas en esos momentos, como Rosell, Dalmau y Graselli.

10 Según la reseña publicada en el *Boletín de medicina*, la adquisición comprendía más de doscientos modelos realizados en papel maché que representaban diferentes enfermedades cutáneas y de otros tipos; en el texto se decía que “La colección llamada de Tibert (sic) es la imitación mas bella y perfecta que puede hacerse de la naturaleza; el médico estudioso, el práctico observador, pueden ver retratadas todas las afecciones cutáneas y otras que afligen al cuerpo humano, con tal exactitud, con tal verdad que [...] los colores menos perceptibles que puede presentar una úlcera ya en sus bordes o en su centro [...]». Además, se ensalzaba la técnica empleada por Thibert para la realización de los modelos, con evidentes ventajas sobre otros procedimientos, *Boletín de medicina, cirugía y farmacia* (1847, 225-226); sobre modelos anatómicos y Thibert, Maerker (2013, 531-562).

Después, se contemplaron los institutos de secundaria. Un poco antes de los acontecimientos relatados, Gil y Zárate había emitido una Circular (fecha el 15 de septiembre de 1846) en la que se señalaba la urgente necesidad de abastecer estos centros con material científico¹¹. Estaba destinada a los presidentes de las Juntas inspectoras de los institutos. En ella se expresaba el deseo gubernamental de adquirir instrumentos científicos para los establecimientos educativos con el fin de que las disciplinas físicas y naturales se impartiesen no solo según las tradicionales explicaciones teóricas, sino con las convenientes demostraciones prácticas. Además, como después se insistiría para los niveles universitarios, se instaba a los profesores a que utilizasen el material para la realización de investigaciones y de trabajos de orden científico.

El profesor, pues, en el organigrama del nuevo estado tiene un doble cometido: impartir los contenidos según los programas establecidos y las metodologías previstas y contribuir, siguiendo el presupuesto de la utilidad de los conocimientos, a la industria nacional. Como ya hemos comprobado y confirmaremos con otros ejemplos, en los entornos de la enseñanza secundaria se emprendieron iniciativas que no solo aspiraban a emular mecánicamente las disposiciones, sino que pretendían realizar aportaciones metodológicas significativas. El centralismo, por tanto, no anulaba las iniciativas del profesorado (que serán examinadas en los capítulos 4 y 5, dentro del análisis de los procesos de apropiación).

Posteriormente, en la Real Orden del 10 de abril de 1847¹² se indicaba que los institutos debían proveerse cuanto antes de los instrumentos que les faltaban para la Física. El catálogo en este caso (véase el Apéndice)¹³ era una versión simplificado del compuesto para las universidades, y los fabricantes de referencia fueron Lerebours y Pixii (como ya se había indicado en la Circular de septiembre¹⁴). El procedimiento seguido por Gil y Zárate para la elabora-

11 *Boletín Oficial de Instrucción Pública* (1846, IX, 545-557).

12 *Boletín Oficial del Ministerio de Comercio, Instrucción y Obras Públicas* (1848, I, Suplemento, 45-46).

13 “Catálogo Modelo de los instrumentos de física-química necesarios para las demostraciones en las cátedras de los institutos provinciales de segunda enseñanza”, 11 de abril de 1847 (*Colección*, 1847, 332-338).

14 Allí se descartaba la opción del fabricante francés Pixii porque si bien sus modelos eran más baratos, “no son de construcción tan perfecta, sirviendo para las demostraciones en la cátedra, pero no tanto para los experimentos y trabajos científicos” (*Boletín*, 1846, IX 546). La apreciación de Gil y Zárate contrasta sin embargo con el prestigio que tenía la casa Pixii entre los científicos y profesionales de la educación (Brenni 2006, 10-16).

ción de los modelos de material científico correspondía con el aplicado por Louis-Jacques Thenard en 1842 para los *colleges* franceses (Simon y Cuenca, 2011, 148).

Una revisión de las piezas incluidas en la lista del catálogo-modelo sugiere dos ideas. La primera es que en su conjunto obedece a la imagen del gabinete clásico, heredado de épocas anteriores, con un peso importante de modelos de piezas ya dominantes en el siglo XVIII, a los que se han añadido unos pocos de las primeras décadas de la siguiente centuria. En este último caso se encuentran, por señalar un ejemplo, los instrumentos de electromagnetismo: el multiplicador de Schwigger fue presentado por su autor en una conferencia de 1821 (Montesinos, Ordoñez, Toledo, 2003, 214) y el electroimán de Pouillet data de los primeros años de la década de 1830¹⁵. La segunda observación es que con respecto al listado de la circular del 15 de septiembre de 1846 se había producido una drástica reducción de las piezas de química¹⁶. En comparación con la física, el resultado es una muestra pobre de los elementos que deberían componer las operaciones relacionadas con esa materia. José D. López añade otros detalles (López Martínez, 2008, 155)¹⁷. Si se compara la relación de piezas de 1847 con la de 1846, se advierte una disminución de los objetos de física (116 en el primero frente a 153 en el segundo). En química, la reducción es drástica: ¡de 133 a 40! Después, los institutos según su situación económica y otros factores establecerían el alcance y variedad de los gabinetes.

Prevalece, por tanto, un gabinete demostrativo, dedicado como se verá

15 Véase Fox (2012, 27); las explicaciones sobre los electroimanes aparecen en la traducción de Pedro Vieta de 1841 del manual de Claude Pouillet sobre física experimental, cuyo título en español fue *Elementos de física experimental y de meteorología*; aquí afirma el autor que “las figuras 432 y 433, representan un electroimán que construí en 1831 el que lleva [debe ser “eleva”] fácilmente más de mil kilogramos, cuando se le da la corriente de una fuerte pila de 24 pares [...]” (Barcelona, 1841, 466).

16 En la lista de septiembre de 1846, el coste de los aparatos de física era de 9.531 francos y el de los de química de 6.448,26 francos; en este segundo caso corresponde a 134 ítems mencionados; sin embargo, en la definitiva de 1847 se redujeron a 21 (frente a los 92 de física).

17 Damián López también compara el catálogo francés de 1842 con el español de 1847: “se reduce el material de óptica (10 aparatos en el español y 34 en el francés), acústica (3 en el español y 25 en el francés), magnetismo y galvanismo (9 en el español y 21 en el francés), calor y meteorología (14 en el español y 30 en el francés de 1842). Respecto a electricidad, aparecen 23 en el francés y 30 en español, y si agrupamos los de mecánica, hidrostática, hidrodinámica, acciones moleculares, neumática y compresión del aire, son 48 en el español frente a los 34 de mecánica, gravedad y acciones moleculares en el francés”.

ampliamente en el capítulo 5 a ofrecer efectos (cómo se mueve una aguja en presencia de una corriente eléctrica o cómo se eleva un cuerpo pesado con un electroimán) y analogías (el aplanamiento de unas tiras metálicas sometidas a un movimiento de giro), con escasas propuestas para el análisis experimental (examen de leyes, confirmación de hipótesis y comprobación de predicciones precisas). Precisamente, la química, la disciplina con más posibilidades para llevar a cabo manipulaciones y ensayos, recibía una escasa atención.

Así comienza la regulación estatal del material científico adquirido en los centros. Ahora, una vez establecido el patrón, cada entidad educativa seguía pautas particulares para su abastecimiento, dependiendo del interés y dedicación de los docentes, así como de los fondos para un instrumental con costes elevados. A partir de este momento, el número y variedad de aparatos se convirtió en el indicador indiscutible de la intensidad de la atención al método experimental dispensada en las aulas. Ambos fenómenos mantenían una correlación directa, según la mentalidad dominante en la época. Cuando en la retórica de los profesores, quejándose por la falta de medios, se alude a la escasez de instrumentos en los gabinetes se añade que esa limitación impide aplicar los procedimientos experimentales según los criterios modernos.

3. La visión liberal-metodológica: de los objetos a los procedimientos

a. El nuevo ideario

Los estudios clásicos sobre la Institución Libre de Enseñanza (Cacho Viu, 1962 y 2010; Jiménez-Landi, 1996), prestan una particular atención al protagonismo que desde el 3 de octubre de 1868, fecha de la entrada del general Serrano en la capital, adquieren en la política educativa los intelectuales formados en los círculos del movimiento krausista. Uno de los argumentos que avalan esta apreciación es que al frente de la Universidad de Madrid, espacio de referencia de las reformas, se encontraba Fernando de Castro, uno de los primeros discípulos de Sanz del Río. También se comienza a editar en este marco el *Boletín-Revista de la Universidad de Madrid* (BRUM), impregnado igualmente del espíritu krausista, contando como secretario a Juan Uña Gómez –muy amigo de Francisco Giner–, que sería más tarde nombrado Director General de Primera Enseñanza¹⁸. Solamente hemos mencionado las figuras

¹⁸ Además, había creado y dirigido la revista profesional *La Enseñanza* (1865-1868) y con el ministro Chao fue Director General de Instrucción Pública.

más destacadas, pero había otras cuya presencia se hace notar en diversos espacios, como la prensa, la educación y la Administración (el ministro Manuel Ruiz Zorilla y el Director General de Instrucción Pública, José de Echegaray, mantenían relaciones amistosas con discípulos de Sanz del Río)¹⁹. Cacho Viu asegura que en el periodo que se abre en el Sexenio Democrático “Los krausistas podían considerarse como el grupo ideológico triunfador, cuyos proyectos iban a influir en la futura estructuración del país” (Cacho Viu, 1962, 190).

En cuanto a los puntos básicos del ideario, la nueva filosofía educativa se articula en torno al concepto de libertad: libertad educativa y libertad de la ciencia. Este principio, expuesto en el Decreto del 21 de octubre de 1868, es importante porque significa básicamente una reacción contra el desproporcionado afán regulativo del Estado en materia educativa²⁰. La centralización y homogeneización, postulados de la acción legislativa y condición de las reformas liberales, ahora se contemplan como procedimientos de abuso y de imposición de una ortodoxia ideológica. La pretensión es “emancipar la enseñanza de todo extraño poder y convertirla en una función social” (Nicolás Salmerón, “La libertad de enseñanza”, publicado en el BRUM, 1, 1869, 57-65, cit. en Cacho Viu, 1962, 200). Propósito que apunta a liberar las tareas docentes de los excesos de la tutela estatal²¹ y orientarlas hacia otros cometidos,

19 Alfonso Capitán (Capitán, 1994, II, 149-150) enumera la extensa nómina de krausistas de la primera y segunda generación que ocuparon puestos docentes y políticos.

20 Expresado en el siguiente párrafo: “Las humillaciones y amarguras que esa legislación reaccionaria ha hecho sufrir a los Profesores, las trabas con que limita la libertad de los alumnos, la preferencia injusta que da a unos estudios y el desdén con que menosprecia otros, sus tendencias al retroceso, su oposición a lo que no se conforma con determinadas doctrinas, y, sobre todo, la enérgica y general censura de que ha sido objeto, no consienten que siga influyendo en la educación de la juventud” (Decreto de 21 de octubre de 1868 fijando el día 1 de noviembre para la apertura del curso académico de 1868 e 1869 en las universidades y establecimientos públicos de enseñanza y determinando la legislación que ha de regir en esta materia, Historia, 1985, II, 325).

21 “Es verdad que los individuos pueden enseñar el error; pero también es falible el Estado, y sus errores son mas trascendentales y funestos. Cuando en un pueblo libre se alza una voz para predicar la falsedad y la mentira, cien otras se levantan para combatirla, y la verdad no tarda en recobrar su imperio sobre la opinión del mayor número. Por el contrario, cuando el Estado tiene el monopolio de la enseñanza, sus errores se reputan dogmas, y el tiempo y la indiferencia pública les dan la autoridad que la razón les niega. Autorizadas de ese modo han dominado durante muchos siglos doctrinas incompletas o erróneas que, discutidas y juzgadas libremente, hubieran pasado sin dejar huella ni recuerdos en la historia” (Decreto cit., Historia, 1985, II, 326).

aquí identificados con la “función social”, lo que significa atender a los fines morales y económicos, así como a la autonomía del individuo. A esta forma de concebir la vida académica, con evidentes efectos en la transmisión del conocimiento, se está refiriendo Fernando de Castro en el “Discurso de apertura del curso de la Universidad Central”, leído el 1º de noviembre de 1868 (Castro, 1868), del que seleccionamos los siguientes fragmentos:

Hasta hoy, señores, entre nosotros, apartados del movimiento general de la cultura europea, era considerada la enseñanza puramente como un ramo de la administración, y la Universidad como una dependencia más, servida por una clase especial de funcionarios. Si esta, por fortuna, no era la opinión de todos los profesores, éralo al menos del Estado y de sus poderes. Una centralización exorbitante había hecho del maestro, como del sacerdote, un empleado. De aquí el régimen centralizador de la instrucción pública, la oposición a la enseñanza libre, la falta de vida e iniciativa propias en todas las instituciones docentes, la reglamentación con sus programas y sus libros de texto, el modo exterior, ceremonioso y mecánico de llenar sus funciones académicas el profesor. No acusemos, señores, a nadie: en la historia, lo imperfecto precede a lo mejor y más acabado, y deja siempre algún bien aun en medio de sus imperfecciones. Pero es lo cierto que semejante carácter político y administrativo, no social y libre de la enseñanza, la ha venido postrando poco a poco, hasta entregarla maniatada al fanatismo de los partidos: última consecuencia lógica de principios que el espíritu suave, conciliador e ilustrado de otros legisladores y gobernantes, había dulcificado anteriormente en su aplicación.

Los cometidos de la enseñanza deben ser:

Exponer elevada, imparcial, sencilla y dramáticamente la íntima relación de la ciencia con los progresos de la civilización, el estado actual de los conocimientos en sus rasgos y caracteres fundamentales; señalar su enlace con el desarrollo social; reseñar los descubrimientos y adelantos realizados, su utilidad y aplicación posible, y el grado en que se infiltran en la vida general del pueblo [...]

Los discursos, intervenciones y medidas legislativas tenían el propósito de desmontar las estructuras que sustentaban las políticas vigentes en la etapa anterior. La desregulación que se pretendía promover estaba destinada a facilitar la oferta docente; a impulsar la creación de centros privados, al margen de la Administración estatal, y a diversificar los instrumentos reguladores de los centros, permitiendo que las diputaciones intercediesen en la organización de las enseñanzas.

b. Propósitos

Un análisis del preámbulo explicativo del decreto sobre la nueva organización de la segunda enseñanza²², aprobado el 25 de octubre de 1868, nos proporciona los términos que componen el nuevo ideario que se pretende imponer. La impresión inicial es que nos encontramos ante una proclamación rupturista, con alusiones a un nuevo periodo que se contrapone a la filosofía política dominante, y muy especialmente a las manifestaciones de los últimos años. En esta nueva etapa se va a transitar de una “tiránica centralización” a una “perfecta libertad”. Es un cambio que se presenta como revolucionario, si bien aún, como ocurre en estos procesos históricos, se está atravesando un periodo provisional que finalizará con “una nueva ley que permita el majestuoso desarrollo de los principios proclamados por la revolución”. La disciplina que representa el pasado indeseado es la Teología, cuyo protagonismo ha desvirtuado la enseñanza impartida en el bachillerato. La expansión del positivismo provoca una brecha entre los partidarios de los contenidos escolásticos (“retóricos inútiles, latinos rutinarios y argumentadores estériles”) y los que defienden el protagonismo de las materias científicas. Así pues, los krausistas se apropiaron de un discurso aparentemente consistente, objetivo y neutral, que estuviera al margen de las disputas verbales y de los abusos estatales, para legitimar su acción política. La ciencia, que representa el contraste de opiniones, así como el contacto primigenio e inocente con la naturaleza, es la nueva moral.

Según los principios anteriores, en el preámbulo, además, se ofrecen algunas pautas sobre cómo debe funcionar la enseñanza en el futuro inmediato. Hay una afirmación representativa de la nueva imagen que se pretende presentar: los institutos no deben estar al servicio del Estado, sino de la sociedad. Este presupuesto significa que no deben ser meros centros preparatorios para acceder a las enseñanzas superiores; deben, en cambio, ser una ampliación de la primera enseñanza y servir a la formación integral de las personas.

Sorprende que, tras las declaraciones del preámbulo, el plan diseñado no fuera más atrevido y que se mantuviera en una propuesta más bien prudente, en la que se ofrecían dos opciones, una clásica y la otra exenta del aprendizaje del latín, con un incremento de asignaturas y de horas dedicadas a las

22 Ministerio de Fomento de España, Dando nueva organización a la Segunda Enseñanza y a las Facultades de Filosofía y Letras, Ciencias, Farmacia, Medicina, Derecho y Teología, Decreto de 25 de octubre de 1868.

materias científicas. Mientras que la primera respondía a la vieja aspiración dedicada al dominio de unos conocimientos mínimos para acceder a estudios superiores y a demandas administrativas y burocráticas, la segunda estaba en principio orientada hacia cometidos teóricos y prácticas más ajustados al entorno físico, económico y social.

El recorrido de las medidas descentralizadoras fue sin embargo escaso. Algunas de las limitaciones que bloquearon la difusión de los planes derivaban de la realidad social dominante en esos momentos. Uno de los proyectos de la nueva política era el fomento de la enseñanza privada y la eliminación o reducción drástica de la intervención estatal. Estos planes procedían, por un lado, del escaso prestigio que tenía la enseñanza pública y, por el otro, del interés de sus partidarios por promover la libertad de enseñanza, la competencia, la crítica y la ciencia. Pero la aplicación de este régimen educativo renovador era, como reconocían los institucionistas, inviable en esos momentos. El principal motivo era que no existía aún una verdadera “necesidad de cultura científica” (si esta verdaderamente se manifestara –decían–, el Estado no tendría que intervenir y la instrucción sería enteramente privada). Los hechos confirmaron la escasa respuesta que recibieron las convocatorias para llevar a cabo iniciativas particulares, al margen de las directrices estatales (Sanz, 1985, 312-323).

El plan provisional (1865), concebido para un año, se prolongó hasta 1880, cuando ya se encontraba Fermín Lasala como ministro de Fomento. La explicación de esta inusitada duración se encuentra en que en realidad la parte más novedosa, la opción sin latín, apenas se aplicó (Sanz, 1985, 327 y 342-8). Diversos factores influyeron en esta parálisis, entre ellos el incremento de los profesores y de asignaturas (12 asignaturas en 17 horas frente a 18 en 21), así como las materias nuevas que no contaban con un personal preparado²³.

Los decretos de Orovio (1867) y Chao (1873) mantienen las alusiones a la disponibilidad de material científico como un complemento insustituible de las explicaciones. El segundo no llegó a aplicarse, pero nos interesan algunos conceptos que aparecen en la disposición legal. Dice que en Física “se explicará con la extensión que hoy tiene en el curso preparatorio para Medicina y Farmacia, comprendiendo las teorías modernas de aquella ciencia, y acompa-

²³ Los últimos intentos de reforma de la enseñanza se llevaron a cabo con Eduardo Chao y José Fernando González como ministros de Fomento, pero su suerte corrió pareja a la Primera República.

ñando a la enseñanza oral los experimentos y ejercicios prácticos necesarios para que los alumnos se familiaricen con el uso de los aparatos y procedimientos correspondientes (diaria). Y en Química general, mineral y orgánica, se tendrá en cuenta “para la extensión con que deba aplicarse, lo prescrito respecto de la asignatura de Física (alterna)”²⁴. Se distingue en el texto entre “experimentos” y “ejercicios prácticos”, que se entiende como una forma de separar las experiencias de cátedra, de carácter demostrativo, de aquéllas cuyo propósito es la manipulación de materiales con la intención de obtener un resultado, un tipo de acción planteada habitualmente en el terreno de la química y en menor medida en la física. El cometido de estas operaciones llevadas a cabo en el espacio del aula era, como se indica a continuación, que el estudiante conociera los aparatos, entendiendo que, según ya se ha señalado, representan y sustituyen a una parcela de la ciencia, y también que se dominaran los “procedimientos”, es decir, los procesos metódicamente expuestos que se siguen en la preparación y uso de los recursos. Luego el trabajo de aprendizaje no se reduce a una experiencia simple, sino a unas tareas sistemáticas que, se supone, reproducen el quehacer del científico.

Después de la segunda “cuestión universitaria” (1875), en la Restauración se crea un marco de relativa estabilidad en el que la política educativa se nutre de las tesis liberales junto con algunas reivindicaciones de 1869, propias del Sexenio²⁵. Pero lo que en realidad queda patente es el refuerzo del papel del Estado como artífice de la enseñanza, hecho materializado en la medida recogida en el Real Decreto de 30 de abril de 1886, por el que ahora era la Administración central la que asumía el sostenimiento (personal y material) de escuelas de Primera Enseñanza, Normales, de Inspección e Institutos²⁶. Cambia por tanto la maquinaria de asignación de recursos, en la que las dipu-

24 Ministerio de Fomento de la República de España (1874a, 1443-1454, Artíc.25). Desde el curso próximo, para cumplir los fines de la ley de 13 de Junio de 1870, el sueldo de los Profesores de todos los Institutos oficiales será de 3.000 pesetas.

25 En 1881 se puede considerar cerrada la “cuestión universitaria” con la Real Orden de 3 de marzo, en la que ocupa la cartera de Fomento el liberal José Luis de Albareda; por ella los profesores que sufrieron las sanciones administrativas o dimitieron por su oposición a las medidas instigadas por Orovio al frente del Ministerio, relativas a la libertad en el uso de textos y de enseñanza, fueron restituidos.

26 Antes, en 1877 se había tomado una medida destinada a paliar las deficiencias materiales, consistente en que se aceptase la asignación de una cuarta parte de los derechos de matrícula para estos fines (Real Decreto del Ministerio de Fomento de 10 de agosto de 1877, *Gaceta de Madrid*, 15 de agosto de 1877).

taciones mantenían un protagonismo notable en las transformaciones materiales de los centros²⁷.

La visión general mantenida en los estamentos políticos sobre el material empleado en los centros no va a variar sustancialmente, si bien algunas instituciones creadas siguiendo algunos de los patrones vistos van a tener una influencia en las dinámicas y significado de los gabinetes, según se comprobará más adelante. Una prueba de la constancia señalada es que en las referencias retóricas de los planes de segunda enseñanza y decretos de finales del siglo XIX y primeras décadas del XX, como ya se señaló en la introducción, se reproducen los términos relativos a la orientación práctica y experimental de las enseñanzas. Unas alusiones que sobre el papel, al menos, debían tener efectos favorables en el crecimiento de los gabinetes. Sin embargo, la proyección específica de estas palabras varió según los escenarios de la vida y la política de los centros de secundaria, hechos que serán examinados en el capítulo 4. Ahora, el estudio se centrará en un agente básico de la consolidación de la política educativa, la industria del objeto científico prefabricado.

27 En 1874, las disparidades entre las rentas de unos centros y otros indica que a pesar de los esfuerzos por la unifomidad, los centros contaban con cierta autonomía según sus recursos. De las 701 pesetas de Ávila, 275 de Oviedo, 745 de Granada o 172 de Segovia, se pasaba a las 46.365 de Málaga, 25.000 de Madrid (San Isidro) o 56.874 de Murcia, por citar algunos ejemplos (López Martínez, 1999, 212-213). El estado de los edificios tampoco reflejaba aún el ideal de las construcciones espaciosas y luminosas de los planes iniciales trazados por el ideólogo Gil de Zárate (Cruz, 2012, 238). Como se verá después, la medida de 1886 aunque resultaba rentable para el Estado, produciendo excedentes importantes, no representó, salvo en los centros con matrícula baja o con retrasos en los pagos, un cambio sustancial en la provisión de material para los gabinetes, y en algunos casos fue incluso perjudicial, como en los institutos de Murcia y Valencia.

CAPÍTULO 3

EL FABRICANTE MEDIADOR Y LA INDUSTRIA DE LA ENSEÑANZA CIENTÍFICA

1. Introducción

El mediador facilita, mediante estructuras productivas, económicas e institucionales sostenibles, la circulación de información y de objetos, así como los encuentros entre personas. Pero igualmente establece orientaciones y patrones sobre cómo deben tener lugar esos procesos. De esta forma se conforman las bases de la “industria educativa” de material científico, que permite la creciente disponibilidad de sistemas estandarizados que desafían, sustituyen o complementan las habilidades del docente en la creación de procedimientos eficaces de transmisión de los contenidos curriculares (Moeglin, 2010).

Los profesores, una vez superados los trámites burocráticos y administrativos, recibían en sus centros objetos científicos manufacturados, procedentes durante buena parte del siglo XIX de centros de producción que eran preferentemente franceses. De esta manera, los docentes contaban con manuales y, además, con los recursos materiales, acompañados de las instrucciones básicas expuestas en los catálogos, para el ejercicio de sus explicaciones y experiencias demostrativas. Los fabricantes, por su parte, siguiendo los circuitos y procesos comerciales, trasladaban a los institutos de secundaria los estándares sobre qué era demostrable en la ciencia y qué no, sobre qué grupos de piezas podían adquirirse y también sobre cuáles eran sus contribuciones a las pautas formativas establecidas por los gobiernos. A partir de ese momento comenzaba la reinterpretación de los profesores y su adaptación a los contextos de trabajo.

Por un lado, por tanto, se contemplarán las acciones industriales destinadas a la inserción en los circuitos socioeducativos de los objetos estandarizados. Por el otro, se verán las intervenciones de los educadores en esos objetos, labores que serán examinadas en los próximos capítulos.

Entre los trabajos dedicados a la instrumentación científica, destaca una obra clásica que mantiene aún numerosas cuestiones y sugerencias abiertas. Es el texto de M. Daumas, publicado en 1953, *Les instruments scientifiques aux XVII^e et XVIII^e siècles*, en el que se advertía sobre la importancia de con-

siderar las estructuras mercantiles del comercio de instrumentos científicos en el desarrollo interno de las ciencias, propuesta extensible a los patrones de la enseñanza de la ciencia. También Pauwels (2006, 4-5) ha insistido en este elemento mediador cuando se examinan los dominios en los que se desenvuelven las culturas visuales. Llama la atención el autor sobre los procesos que intervienen en la creación de un producto representacional (en nuestro caso aplicado tanto a los artefactos científicos como a las placas de proyección) donde los técnicos u otros profesionales transforman las fuentes y referentes, o bien las recrean, siguiendo una cadena de decisiones y de normas. Así, pueden considerarse fabricantes de significados que no solo se dedican a elaborar objetos sino también a proporcionar ideas sobre su uso.

Algunos fabricantes eran conscientes de que ocupaban un lugar central en el mundo de las innovaciones y del público interesado en la cultura científica. En la introducción de su catálogo de 1853, Nicolas Lerebours y Marc Secrétan, firma bien conocida en España, sitúan al lector en el escenario de un mundo que en los últimos años se ha beneficiado de los progresos admirables de las ciencias físicas, un hecho que viene avalado por los numerosos descubrimientos y aplicaciones que citan a continuación, como la fotografía, la medición de la velocidad de la luz, el hallazgo de nuevos planetas, la transmisión del pensamiento a largas distancias... Pero su intención y propósito es llevar a cabo una complicada labor de interpretación y selección para ofrecer lo que pueda ser verdaderamente relevante:

El efecto inevitable de estos brillantes descubrimientos -afirman- es haber llevado hasta el delirio el espíritu de invención [...] El artista tiene que conservar su reputación, tiene que respetar susceptibilidades y hay que satisfacer a diversos clientes. No es esta una tarea sencilla en medio de este ruido ensordecedor, porque hay expectativas y presiones a las que no se debe ceder. Antes de aceptar una invención y de construir el aparato que la reproduce, se debe juzgar no de una manera científica, sino desde su perspectiva práctica y útil. Pero de ordinario no es esto lo elegido, sino los aspectos más desconocidos o desdeñados por los inventores o, por el contrario, aquello que más les ilusiona. He aquí por qué a pesar del elevado número de patentes registradas anualmente, muy pocas subsisten al cabo de pocos años (Lerebours et Secretan, 1853, intr.).

2. Reproducción de estándares

La reproducción masiva llevada a cabo por los fabricantes de modelos mediante procesos de imitación y serialización fue una operación básica que facilitó a los gobiernos la aplicación de políticas educativas homogéneas. En

estas operaciones industriales se introducían lentamente algunas novedades que tenían diversos orígenes: la investigación llevada a cabo en divisiones de las propios talleres y fábricas, y la intervención de profesionales dedicados a ciencia, la tecnología y la docencia.

Si nos centramos en la industria francesa, de donde procedían las piezas más demandadas hasta las últimas décadas del siglo XIX, en 1860 había en París 487 fabricantes. De ellos, 64 contaban con más de 10 trabajadores, mientras que 190 de las compañías estaban compuestas por solo una persona. Una gran parte de la producción, más del 50% en algunos casos, estaba dedicada a la exportación de objetos estandarizados (Brenni, 2013, 614)¹. La aplicación de los métodos preindustriales permitió la existencia de modelos seriadados para la realización de las demostraciones y de las prácticas previstas. Los objetos dentro de este marco debían contemplarse como entidades pertenecientes a una colección, a un conjunto que se estructuraba en torno a una materia o disciplina (acústica, óptica, electricidad...).

Desde 1850 aproximadamente los instrumentos adquirieron una forma que mantuvieron en décadas posteriores y en el siglo XX. Diversos fabricantes² elaboraban los objetos indefinidamente siguiendo los mismos estándares, y a ello contribuyeron decisivamente los propios libros de texto, donde aparecían las mismas ilustraciones (o muy similares) en todos ellos. Esta relación entre la industria, los libros de texto y posteriormente las láminas murales es fundamental para la creación de unos patrones en la metodología educativa que guiaban la labor de los profesores.

Decía Ducretet en uno de sus catálogos que “Simplificar y modificar los aparatos, de manera que puedan multiplicarse en uno solo las experiencias, los convierte en más prácticos y menos costosos. Tal es el fin de nuestros esfuerzos. Varios instrumentos, contruidos según esta idea, figuran dentro de esta nueva edición” (Ducretet, 1870, 9ª ed., intr.). Además, para destacar su vinculación con los planes educativos, se añade que “Para la clasificación de los aparatos, se ha seguido en la medida de lo posible el orden de un curso

1 Sobre este tema, MacConnell (2013) y Brenni (2013); para el periodo anterior a 1850, centrado en el caso británico, Morrison (2007, cap. 1), donde se afirma que en la primera mitad del siglo XIX se asiste a la transformación de la industria de instrumentación científica, en la que la maquinaria va sustituyendo a los procedimientos dependientes de las habilidades manuales, como ocurre en otros sectores (la fabricación de relojes y la impresión).

2 En la categoría de fabricantes, para los propósitos de esta sección, incluimos la de distribuidores.

de física, sirviendo de guía los textos más comunes en los institutos”. Aquí reconoce cuáles son las fuentes empleadas en la elaboración y presentación de las piezas. Una de ellas derivada de los ensayos en las instalaciones de la fábrica, señalada en el gráfico anterior. En la firma de Max Kohl (activo en Chemnitz, Alemania, entre 1876 y 1937) los catálogos, enviados como se asegura a todos los establecimientos con enseñanzas de física, proporcionan claves sobre las referencias empleadas en la producción. Se mencionan en el apartado de “literatura” diversos manuales, entre ellos el de Adolphe Ganot; también publicaciones periódicas; obras científicas sobre el calor y la fotometría, de J. Tyndall y de E. Liebenthal, respectivamente, así como tratados sobre demostraciones físicas (Kohl, [c. 1926], IV).

En España hay ejemplos de una industria incipiente en torno a los años 1840, con talleres-almacén modestos si los comparamos con las instalaciones citadas. Son los casos de José Rosell y Francisco Dalmau (en Barcelona)³, y de José Graselli y la casa Aramburo (en Madrid). En un anuncio de 1863, asegura Rosell⁴, tras presentarse sin modestia como “uno de los primeros, ó tal vez el primero de Europa en su clase”, que “Sus bien provistos depósitos y sus bien montados talleres, le ponen en el caso de poder dar satisfactorio cumplimiento a cuantos encargos de instrumentos se le hagan referentes a todos los ramos del saber humano, de cuyos principales se da a continuación una sucinta idea”⁵.

Un caso representativo de la intervención de los fabricantes en la circu-

3 Además, a mediados del siglo XIX en la misma ciudad: José Clausolles, dedicado a instrumentos náuticos, ópticos y quirúrgicos; Taylor & Lowe (Baviera, Alemania), a la óptica y a barómetros y termómetros (tenían también establecimiento en Madrid, en la calle del Príncipe, 4, donde vendía instrumentos ópticos, mencionado este último en *Diario oficial de avisos de Madrid*, 23 de noviembre de 1849); y Vicente Comas, en la Barceloneta, véase Puig-Pla (2000).

4 Rosell inició el negocio en 1837; en 1879, tras su fallecimiento, pasó la titularidad a su viuda; hay un anuncio de Viuda de José Rosell con esa fecha en *Anuario-almanaque del comercio, de la industria, de la magistratura y de la administración* (Bailly-Bailliere, 1879, 1.535).

5 J. Rosell, “Gran establecimiento de instrumentos científicos”, *Guía Comercial de Barcelona*, Barcelona, 1863, 163-164. Además, realizó contribuciones en otros campos. Así, de Rosell se conoce un “Sistema de faroles llamados de posición para evitar que los buques se aborden” (patente de invención solicitada en 1841), un modelo que llegó fabricarse y usarse, *La Correspondencia de España*, 7 de enero de 1863, n.º 1.631, 3; Sáiz González (1995, 167).

lación y promoción de novedades es la firma Francisco Dalmau e Hijo⁶, responsable de la introducción de la primera máquina de Gramme en España en 1874, una contribución de gran valor en el sector de los generadores eléctricos⁷. De igual manera, se conoce su intervención en los primeros ensayos realizado con el teléfono en 1877, uno de los cuales tuvo lugar en el Instituto de Gerona (cuestión que se ampliará en el capítulo 4). Más adelante, lo encontraremos relacionado con otros fabricantes en Madrid, como los Aramburo, en relación con la difusión de novedades técnicas.

A mediados de siglo, el taller-almacén con la oferta más amplia y variada en Madrid era el de José Graselli, quien poseía el título de “óptico de Su Majestad”⁸. Era un negocio que debía disponer de artilugios realizados por él, principalmente los relacionados con la meteorología y la óptica, y otros géneros que distribuía como agente al servicio de firmas diversas. La primera referencia específica a este fabricante aparece en la alusión al establecimiento Graselli y Zambra⁹, ubicado en la capital en la Carrera de San Jerónimo, que data de 1843¹⁰. La asociación se mantuvo durante al menos veinte años, hasta 1863¹¹.

6 La casa Dalmau fue fundada por Francisco Dalmau en 1834; en 1872 se formalizó la firma Francisco Dalmau e Hijo.

7 Véase entre otros estudios, Sánchez Miñana (2009, 87-98).

8 Ubicado en la calle Montera; el título de “Optico de su Majestad” se recibía como reconocimiento a obras realizadas para la realeza, y permitía insertar anuncios en manuales y publicaciones periódicas, así como eludir algunas restricciones de las corporaciones profesionales; acerca de su significado en el siglo XVIII, Daumas (1953, 134).

9 El apellido corresponde a Cayetano Zambra, de origen italiano como el anterior y probablemente relacionado familiarmente con el socio de Henry Negretti (Joseph Warren Zambra) en la compañía de escala internacional Negretti & Zambra, ubicada en Londres desde 1850. Es una idea apuntada por Josep Simon et al., que nos parece verosímil pero que hasta el momento no se ha podido confirmar (Simon et al., 2009, 167-185).

10 Anuncio del diario *El Eco del comercio*, 30 de noviembre de 1843.

11 En 1854, Graselli abrió un nuevo establecimiento en la calle del Clavel de Madrid, asociándose con Vicente Giajola. La información que se proporciona sobre esta novedad es de interés ya que se confirma que construían instrumentos por encargo y se dedicaban a la reparación de otros (*El Clamor público*, 8 de febrero de 1854, 4). En ese momento era ya un lugar conocido, y una prueba de ello es la alusión al negocio que aparece en un relato publicado en *El clamor público* (6 de abril de 1850), el titulado “Un sueño que no lo parece. Capricho fantástico”, del que seleccionamos el siguiente fragmento: [...] Yo no sabía qué parte del mundo era aquella que miraba; pero procuré saberlo á todo trance; para lo cual me encaminé al almacén de Graselli y Zambra en busca de un anteojito [...]. Una muestra más de su presencia pública son las referencias periódicas que se hacen en los

Un poco antes de que Gil y Zárate encargara la compra masiva de instrumentos, primero para la Universidad y después para los institutos de secundaria, Grasselli y Zambra publicaban la siguiente nota (*El Eco del comercio*, 15 de octubre de 1845, 4):

Entre las muchas mejoras que de algún tiempo á esta parte se observan en la capital de la monarquía, no es la menos importante para los establecimientos científicos, la de encontrarse en ella un depósito de los instrumentos más preciosos para las cátedras de física, astronomía y matemáticas, en el cual pueden adquirirse estos a precios muy cómodos si se atiende al excesivo coste de las comisiones, transportes y derechos. Efectivamente, los señores Grasselli y Zambra han conseguido llenar con su comercio un vacío inmenso, proporcionando á las cátedras de ciencias naturales y exactas aparatos construidos por los mejores fabricantes franceses, de cuya bondad y perfecta construcción podemos atestiguar, pues mas de uno se han usado ya para las demostraciones del curso anterior, no solamente en las cátedras de esta corte, sino en las de varios institutos provinciales, debiendo advertir al propio tiempo, que si hubiera sido necesario pedir aisladamente y para cada uno de ellos, sobre recibirlo con extraordinario atraso y con las exposiciones que son consiguientes en tan largo transporte, hubieran salido al mismo o tal vez á un precio más elevado que al que se pueden adquirir en dicho comercio garantizados ya de toda avería y en disposición de servirse de ellos inmediatamente.

Recomendamos pues á todos los nuevos establecimientos científicos de la nación y sobre todo a los institutos provinciales que carezcan de estos medios para la enseñanza, el depósito de los señores Grasselli y Zambra como el mas á propósito para abastecerse de todo cuanto necesiten para las demostraciones de sus cátedras, pues encontrarán en él, como llevamos dicho, perfección y economía de tiempo y de dinero, circunstancias que por sí solas sirven para recomendarle.

Como se vio, Gil y Zárate, uno de los máximos representantes de la política educativa, lo ignoró. Diversas razones pudieron influir en esta decisión: el prestigio de las firmas francesas o bien los costes y las dificultades para que los fabricantes produjeran un volumen elevado de piezas en un plazo relativamente breve. Sin embargo, encontramos ejemplos de aparatos adquiridos a Grasselli por el Instituto de San Isidro para completar el catálogo-modelo estatal en la década de 1850. En medio de diversos problemas, relatados por el catedrático de Física y Química Mariano Santisteban (véase el siguiente capítulo), se recibieron entre 1853 y 1854 instrumentos de mecánica, óptica, meteorología y química (aproximadamente doce piezas)¹².

diarios en las breves secciones donde se informaba sobre el estado atmosférico (*El Tajo*, 20 de enero de 1867).

12 Santisteban (1875, 48 y 49). Entre otros ejemplos, destacamos que suministró ob-

El catálogo de 1860, el más antiguo que conocemos de la firma, contiene información básica sobre el alcance del negocio (Graselli y Zambra, 1860). En él se presentan como los fundadores en España de una clase particular de establecimiento dedicado a la instrumentación, “útiles en fin á las ciencias, á las artes, á las industrias y propios para el deleite y la comodidad de toda clase de personas”. A continuación, en treinta páginas, exponen la lista de las diferentes piezas que pueden adquirirse, clasificadas según los distintos tipos de productos, con los precios y sin ilustraciones. El último catálogo conjunto es de 1863; en el de 1864, Graselli se anuncia como fundador y único sucesor de la antigua casa Graselli y Zambra. Permaneció activo hasta finales de siglo, con su negocio y los talleres de la calle Montera convertidos, según los anuncios insertados en la prensa, en una referencia para el conocimiento del tiempo atmosférico.

La firma Aramburo, con un patrón de negocio similar a los citados, es un ejemplo de los esfuerzos de los fabricantes por consolidar una industria de precisión en España. Los primeros indicios de las actividades comerciales de los Aramburo¹³ son de la década de 1870: en un anuncio ofrece material óptico de uso ordinario; en otro, en el que se presenta como “óptico de Su Majestad” y está dirigido a los ayuntamientos, anuncia un microscopio con el que se puede conocer la existencia de la triquina. Un poco más tarde también aparecen anunciados entre los objetos disponibles para la venta aparatos de física. Durante este tiempo sabemos que fue un establecimiento que producía en sus talleres material óptico de alta calidad, después de formar a diversos operarios en técnicas de precisión. Según la crónica publicada en un periódico de la época, estas mejoras permitirían aumentar la competitividad de la industria española frente a la francesa, si bien esta última tenía la ventaja de elaborar productos un 15% más barato, por los medios que empleaba en sus fábricas¹⁴. También los procedimientos para la talla de los cristales, en los que se combinaban los trabajos con el torno y a mano otorgaban un crédito a esta firma que no podían reclamar otras casas, que, como se asegura en el texto, “solo se dedican a la venta de artículos extranjeros”. Como recurso para atraer

jeto al Colegio de primera y segunda enseñanza de Igualada (de 1ª clase), dependiente de la Universidad de Barcelona, una colección de instrumentos necesaria según se afirmaba en la noticia para impartir el quinto año (*El Áncora*, 27 de agosto de 1852, 13-14).

13 El fundador probable fue Manuel García Aramburo, con sede en calle Príncipe 15.

14 s/a, “M. Aramburo. Óptico de S. M. D. Alfonso XII”, *La Raza Latina*, 15 de agosto de 1878, 107, p. 4. Se trata de un periódico quincenal.

la atención del público, la tienda contaba con una “instalación”, consistente en un trabajo científico realizado “sin el aparato generalmente necesario a los que exponen productos de *fantasie*, pero con la seriedad del hombre que ha dedicado sus vigiliass á prestar la grande ayuda que á la ciencia y á la humanidad prestan los ópticos” (*La Raza Latina*, 1878, 4).

La información periodística junto con la participación en exposiciones nacionales y universales influyeron sin duda en la promoción de la firma (véase la fig. 4), como se verá en otro apartado de este capítulo. También eran las dependencias de la tienda-almacén lugares de encuentro elegidos para anunciar inventos, como el de la luz eléctrica. Para este evento y la realización de los oportunos ensayos, su promotor Francesc Dalmau había seleccionado los salones del teatro Español, la redacción de *El Imparcial* y el establecimiento de Manuel G. Aramburo (*La Época*, 5 de marzo de 1882)¹⁵.

En torno a 1883, según los catálogos publicados, el negocio pasó a llamarse Aramburo Hermanos. El de ese año, ilustrado con numerosos grabados, comprendía las siguientes materias: “Parte primera: Física general, Calor, Meteorología, Mecánica, Cosmografía, Geodesia, Geometría. Parte segunda: Óptica, Proyección, Polarización, Acústica. Parte tercera: Magnetismo, Electricidad estática y dinámica”¹⁶. Una década más tarde cambió a “Viuda de Aramburo” y posteriormente el establecimiento era reconocido como el representante en España de la casa Kohl. Al final de un catálogo de 1899¹⁷, en una página dedicada a publicidad, puede comprobarse la amplia oferta de productos, que se mantuvo en las primeras décadas del siglo XX. Aparecen mencionados, entre otros, los siguientes grupos de artículos: aparatos de precisión de todas clases, gabinetes de física, química e historia natural; instrumentos meteorológicos de precisión; microscopios, telémetros, cronógrafos y mareógrafos; telégrafos Hughes, Morse, de cuadrante y de campaña, etc.

3. Promoción social

Los establecimientos dedicados a la fabricación, como otros negocios, invertían dinero en publicidad y en promover su presencia pública, así como en

15 “Con una máquina de vapor de seis caballos de fuerza á menos de media presión (la de la imprenta de El Imparcial), se sostuvieron dando una claridad admirable 12 lámparas en el teatro Español, 10 en casa del óptico Sr. Aramburu y 6 en la redacción del colega”.

16 *La Ilustración Española y Americana*, 15 de julio de 1883, 26.

17 Aramburo (1899); otros catálogos: ARAMBURO HERMANOS (1883), *Catálogo general de instrumentos de precisión*, Madrid, R. Velasco, impresor, 246 pp.

tejer una red que comprendiera la industrial y las administraciones estatales. Estos cometidos eran vitales para incrementar los espacios de encuentros entre los fabricantes y los docentes, así como el intercambio de información entre estos colectivos. En el caso de la instrumentación científica, las estrategias dependían de la atención a los siguientes medios: los catálogos, la prensa, las exposiciones, la elaboración de textos técnicos y las demostraciones realizadas en las propias tiendas-almacén.

a. Catálogos

Mediante los catálogos, con una vida efímera y en constante proceso de renovación, se conocía la oferta de las compañías; los gobiernos a su vez contaban con un instrumento idóneo que se adecuaba a las demandas de centralización y uniformidad previstas en las políticas educativas vistas en el anterior capítulo.

En la primera mitad del siglo XIX los catálogos consistían en listas de instrumentos y precios con alguna explicación. Después, se añadieron las ilustraciones, consistentes en grabados, y en torno a 1920 se comenzaron a introducir las imágenes con técnicas fotográficas. Hay que tener en cuenta al contemplar las figuras de estas obras que en muchos casos eran reproducciones de manuales o de otros catálogos. Por tanto, no correspondían realmente a los productos disponibles en la firma (Brenni, 1989, 169-178).

Los precios, reflejados en estos soportes, se mantuvieron relativamente estables hasta la Primera Guerra Mundial (Brenni, 2016, 64-67). La elección entre unas firmas u otras no estaba determinada por razones económicas ni tampoco por la calidad, sino por otros motivos, entre los que se encontraban la puntualidad en las entregas, las relaciones sociales, la confianza, el prestigio y la inmediatez en la disposición de los aparatos requeridos (Brenni, 2016, 70). En cuanto a los grandes fabricantes alemanes, Max Kohl y E. Leybold's Nachfolger, los estudios muestran que proponían precios similares, resultado probablemente de un pacto tácito. Comparados con una de las firmas de mayor volumen en torno a 1900, Ducretet, situada en París, no había coincidencias: algunos instrumentos eran ofrecidos a un precio más elevado y otros a uno más bajo. La diferencia entre los franceses, ingleses y los alemanes es que los dos primeros tenían una tendencia a fijarse para las copias en los diseños del propio país, ignorando lo realizado en otros lugares. En las primeras décadas del siglo XX la demanda de reproducciones alemanas supera a las

francesas, y ese cambio, de nuevo, no se debe tanto a razones económicas, sino a la política innovadora de ventas, entre la que destaca la información ofrecida en los catálogos y su presencia en las exposiciones universales (Brenni, 2016, 76).

Además de las indicaciones dedicadas al material científico-técnico, láminas, mobiliario y otros complementos, en los catálogos se ofrecían diseños de los espacios dedicados a impartir las clases, así como a la distribución de los recursos citados anteriormente. En el de Leybold (c. 1927) se dedican siete páginas a mostrar planos de las clases de física, de química y de biología, e igualmente de otras dependencias.

b. Integración social y científica

La participación en las exposiciones y la información publicada en la prensa nacional y local formaban parte de las estrategias de difusión pública de los establecimientos. La firma Aramburo, por ejemplo, participó en la Exposición Universal de París de 1878, donde recibió un premio, una información que aparece en la publicidad y la documentación relacionada con la firma.

Los fabricantes conseguían así integrar las novedades relativas al material científico educativo en los escaparates de las reuniones técnicas e industriales. De esta forma se trasladaba la imagen de prestigio que confería la intervención en estos acontecimientos a los constructores y sus productos. Con un alcance nacional, una de las primeras manifestaciones de este tipo fue la Exposición pública de la industria española de 1841¹⁸.

La Exposición Industrial y Artística de Productos del Principado de Cataluña, celebrada en Barcelona en 1860, contaba con una sección dedicada a “Instrumentos científicos de todas clases, comprendidos los químicos y ortopédicos”. Predominan los expositores de material óptico, eléctrico y médico¹⁹. La inclusión de la división dedicada a la instrumentación es un efecto del modelo seguido en las exposiciones universales, organizadas desde 1851. Como se verá posteriormente, desde el principio estos eventos contaron con secciones dedicadas a las innovaciones en material científico-técnico y pedagógico, donde participaban los docentes.

Salvo excepciones, los fabricantes procedían del mundo de la relojería, de la óptica y de la electricidad. El primer sector tenía un perfil tecnológico clási-

¹⁸ *Catálogo* (1841, 24).

¹⁹ *Catálogo* (1860, Sección VI).

co, sin embargo los otros dos estaban afectados por las renovaciones derivadas de las investigaciones en diversos campos, como los materiales, generadores, electromagnetismo, comunicación... A este último círculo correspondía el telegrafista Ildefonso Sierra, premiado con la medalla de plata en la Exposición Aragonesa de 1868, celebrada en Zaragoza, por los “Aparatos eléctricos y telegráficos, y especialmente por los de Campaña y Conmutadores”²⁰. En el catálogo ilustrado de 1887 se presenta como proveedor de facultades de medicina, academias e institutos²¹. Así, había suministrado material para la Universidad Central y el Instituto Cardenal Cisneros²². En un anuncio publicado posteriormente, con unas dimensiones que excedían ampliamente las noticias empleadas por los fabricantes, aparece ya como “especialista en la instalación de gabinetes de física” (véase la fig. 5). Según diversos indicios falleció a principios de 1900²³ y el negocio continuó ya en el nuevo siglo como “Hijos de I. Sierra”.

Las tiendas-almacén provistas o no de talleres no eran lugares dedicados solo a la compra y venta de productos. Lo hemos visto ya en el caso de los Aramburo, donde Dalmau llevó a cabo ensayos sobre la luz eléctrica. Las alusiones en la prensa a los instrumentos disponibles en la casa Graselli para el conocimiento del tiempo atmosférico eran también factores que contribuían a la inserción social del fabricante. Un estudio sobre Rudolph Koenig, especializado en la fabricación de instrumentos de acústica presentes en gran parte de los gabinetes españoles, decía lo siguiente sobre su establecimiento: “Entre 1859 y 1901 un inmigrante prusiano llamado Rudolph Koenig dirigía uno de los talleres científicos más populares de París. Era un lugar especialmente

20 *Exposición Aragonesa* (1868). Parece que entre los aparatos también había un modelo de motor eléctrico; véase Sánchez Miñana (2000, 236). La Real Orden del 27 de noviembre de 1852 (*Gaceta de Madrid*, 1 de diciembre de 1852) estableció las líneas prioritarias de telegrafía eléctrica en España y, entre otras medidas, se decidió crear una escuela con 48 alumnos destinada a la enseñanza de telegrafistas, cuyo cometido era gestionar la tecnología emergente en esos momentos. Sierra, formado en la escuela, había establecido el negocio en 1859, y si bien se había dedicado durante un tiempo a la instrumentación eléctrica, fue ampliando su oferta a otro tipo de material. Fabricaba, por ejemplo, aparatos electro-médicos, campanillas eléctricas, pilas, pararrayos.... En 1877 se estableció en la calle del Lobo (desde 1888, Echegaray).

21 Sierra y Alonso, I. (1887).

22 González de la Lastra y Guijarro (2012, 80). En las facturas como proveedor de Su Majestad, razón por la que probablemente recibió la Orden de Carlos III.

23 Hay esquila en *Heraldo de Madrid*, 24 de enero de 1900.

dedicado al sonido. Los visitantes compraban instrumentos, realizaban experimentos, aprendían nociones de acústica, debatían sobre la situación del mercado del material científico en París, asistían a demostraciones, y pasaban la tarde comiendo, bebiendo, escuchando música y leyendo” (Pantalony, 2009, xx y 13).

Es importante atender a las prácticas demostrativas realizadas en estos lugares, porque después las veremos reproducidas en los centros de enseñanza. Los profesores promovían las instalaciones mencionadas mediante referencias en sus manuales. Así, Bartolomé Feliú, catedrático de Física en el Instituto de Teruel y Toledo, así como en diversas universidades, decía en su *Curso elemental de física experimental y aplicada* (Valencia, 1876, 42) que la máquina de Atwood que mostraba era similar a la construida en los talleres de Salleron²⁴. Estos intercambios favorecieron la colaboración entre el mundo docente y el de los fabricantes. Como ejemplo cabe citar el caso del impulsor de la educación gimnástica en España, Francisco de Aguilera y Becerril (1817-1867), conde de Villalobos. Convencido de la orientación científica de la disciplina, diseñó en torno al año 1860 diversos instrumentos de medida que encargó a la Fábrica de Anteojos de Ortega (Aguilera y Becerril, 1866, 33-38; Mayoral, 2016)²⁵.

De esta forma, de la consideración del fabricante como “técnico invisible”²⁶, cuya aportación no es reclamada como una autoridad por su formación al margen de los círculos académicos, se transita paulatinamente a un status en el que se amplía su reconocimiento social. Este proceso tiene lugar especialmente a partir de mediados del siglo XIX (Blondel, 1997, 157-182), momento en el que se amplía la socialización de los objetos elaborados en los talleres gracias a su difusión en los círculos de educación media y superior y a otros hechos, como el incremento en la relevancia de los instrumentos en la investigación científica y técnica y a la mejora en los estándares formativos de los fabricantes. Blondel cita como especialmente significativo de este cambio las

24 Jules Salleron (1829-1897), fabricante francés de instrumentos científicos.

25 Además, compró en esta casa otras piezas, como reglas, cintas métricas, termómetros, higrómetros, barómetros, psicrómetros... (Fábrica de anteojos de Antolín Ortega, facturas de 13 de mayo de 1864, total, 4.400 rs. y 19 de diciembre de 1864, total, 1808 rs.; Colección privada de Alberto Rivas de Hoyos). Y a Hipólito Basabe (almacén de instrumentos de cirugía, situado en Madrid en la calle del Carmen, 21) un esfigmógrafo de Marey, un dinamógrafo y un dinamómetro (Hipólito Basanta, factura de 6 de abril de 1864, total, 1810 rs.; Colección privada Alberto Rivas de Hoyos).

26 El concepto procede de Shapin (1989).

reuniones de la Société française de physique, constituida en 1873, donde los constructores coinciden con profesores e ingenieros.

La elaboración de obras y manuales por parte de fabricantes e inventores fue un factor de gran relevancia en el proceso de admisión de los técnicos en los círculos científicos y educativos. En el siglo XVIII ya hay casos particularmente relevantes que obedecen a este fin, como la obra de Henry Baker *The Microscope Made Easy*, de 1743. En los siglos XIX y primeras décadas del XX su importancia fue aún mayor. Encontramos a fabricantes, como Zeiss o Salleron, cuyos catálogos son verdaderos manuales técnicos. También Nicolas Lerebours, hijo del fundador de la firma, fue autor de textos sobre fotografía y óptica (Brenni, 1994). Lo mismo puede afirmarse de los mencionados Henry (Enrico) Negretti y Joseph Zambra, responsables de *A Treatise on Meteorological Instruments. Their Scientific Principles, Method of Construction, and Practical Utility* (Londres, 1864) y del conocido Max Kohl, quien en su catálogo de c. 1925 citado afirmaba que la firma había publicado un opúsculo de 84 páginas y 109 figuras dedicado a las linternas de proyección, a su descripción, construcción y modo de empleo en la enseñanza. En este tipo de trabajos, junto a la información técnica, se ofrecían diversas indicaciones directas a los profesionales de la enseñanza. Corresponden a este formato, entre otra muchas, las obras de Alfred Molteni *Instructions pratiques sur l'emploi des appareils de projection* (1878) y Lewis Wright *Optical Projection* (1891), cuyos contenidos se examinarán más detenidamente en el capítulo 7. En España, salvo algún folleto explicativo como el de José Lloret²⁷, no encontramos ejemplos en el periodo estudiado de tratados técnicos elaborados por fabricantes con rasgos análogos a los citados²⁸.

4. Redes institucionales y comerciales

a. Proveedores de la administración

Los fabricantes conocían los cambios en los planes de estudio de los diferentes países. En la nota introductoria del catálogo de aparatos de Leybold se decía lo siguiente: “la publicación de la presente edición del catálogo ha tenido en cuenta para revisar sus contenidos los planteamientos generales de las au-

27 “Planetario “Lloret” (con patente de invención) : instrucciones para el manejo de dicho aparato y para su aplicación al estudio de dicha ciencia”, 1903.

28 Podemos destacar solo el manual editado por Francisco Dalmau de M. Gramme, *Máquina magneto-eléctricas*, Barcelona, 1875.

toridades administrativas destinados a la modernización de la educación científica pública, en particular la relativa a las artes manuales y a los cursos prácticos de laboratorio” (Leybold, c. 1927). Uno de los catálogos especializados de la casa Cultura, el de 1926, dedicado a Ciencias Naturales y Física, se había confeccionado, según se afirmaba, siguiendo el plan Callejo para los institutos de segunda enseñanza (Real decreto de 25 de agosto de 1926). Las estrategias para hacer llegar la información a las dependencias oficiales no debían diferir mucho de las empleadas por el conocido fabricante de modelos botánicos, anatómicos y zoológicos Luis Thomas Jérôme Auzoux, quien envía, como se verá, catálogos junto con informes de profesores a la Dirección General de Asuntos Comerciales española. La correspondencia mantenida con los centros educativos no se limitaba solo a las órdenes de pedido o al intercambio de facturas, sino que abarcaba de igual manera cartas de los docentes, que mostraban su satisfacción por las condiciones del material recibido. Como puede comprobarse en el *Catálogo General ilustrado de material instructivo moderno...* (Barcelona, 1914), de J. Esteva Marata²⁹, los fabricantes-distribuidores empleaban esta información en las estrategias publicitarias de sus productos. Esteva Marata dedica ocho páginas a publicar este tipo de comunicaciones. El catálogo de Max Kohl *Appareils de Physique* (Chemnitz, sin fecha, pero de 1925-1926 aprox.) destina el mismo número de páginas a estos documentos³⁰.

Ducretet en su catálogo de 1900 dedicado a la electricidad se presenta como suministrador de material del Ministerio de Instrucción Pública francés, así como del de Guerra, Marina, etc³¹. A esta categoría pertenecen igualmente las alusiones vistas anteriormente a los centros a los que han proporcionado material y a la correspondencia que mantienen con los mismos. El Instituto de Material Científico, promovido por la JAE y dependiente del Ministerio de Instrucción Pública, utiliza como catálogo de referencia para la provisión de material para los institutos de secundaria en 1912 el de la casa Max Kohl³².

29 Casa fundada en 1898, cuyo negocio estaba situado en el centro de Barcelona cerca de la Universidad.

30 Destacamos una carta, de Eugenio Ortega, profesor de la Escuela Normal de Soria, donde afirmaba lo siguiente en la respuesta al envío del inventario: “He recibido su carta del 20 de octubre y, más tarde, el paquete postal con su catálogo N° 50 (T. II y III) que supera todo lo que se suele ver sobre esta materia entre nosotros, los franceses, etc. Le agradezco atentamente su envío que estudiaré con atención” (12 de noviembre de 1924).

31 *Catalogue des instruments de précision*, Électricité, París, 1900.

32 Véase JAE: “Crédito para material científico”, *Revista General de enseñanza y bellas artes*, 1 de noviembre de 1912, 12-13.

También cabe incluir las referencias de los catálogos a su actualización en relación con los programas ministeriales. Ducretet, Kohl, Leybold lo mencionan de manera explícita. El primero afirma que los listados están confeccionados según los programas universitarios. En el catálogo de Cultura de 1932 (más como distribuidor que como fabricante) se ofrece un gabinete completo, compuesto de 80 aparatos, para los grupos escolares e institutos de secundaria según los “datos del Ministerio de Instrucción Pública” (*Catálogo Cultura*, 1932).

Además de las grandes firmas, otros fabricantes particulares o con modestas fábricas fueron reconocidos por la Administración española como proveedores eventuales. A través del organismo ministerial correspondiente se distribuían objetos específicos a los centros. En esta situación se encuentran los modelos elaborados por el ingeniero mecánico Francisco Nuñez de Arce³³, el Subintendente de Guerra retirado, José LLoret³⁴ y el ingeniero eléctrico y empresario Mónico Sánchez Moreno (1880-1961)³⁵.

b. Intermediarios, representantes y agentes

La fórmula más extendida para la provisión de material científico es la del agente comercial, propietario de una tienda-almacén, que actuaba como representante de firmas de otros países. Esta práctica aseguraba el suministro de piezas normalizadas, con un margen mínimo para la innovación, y la participación en los estándares transnacionales de la educación científica. De esta forma, las casas con una dimensión internacional contaban con intermediarios próximos a los clientes para detectar las demandas locales y responder

33 Inventó una variante de telurio, que llamó cosmóscopo, y pidió a la Dirección General de Instrucción Pública una solicitud para obtener el privilegio de la invención en torno a 1870 (Francisco de Arce y Nuñez, “Descripción del nuevo Aparato geográfico-astronómico, denominado Cosmóscopo”, Madrid, 6 de julio de 1873, AGA, 6904, 32/26.); hay evidencia de la construcción de tres ejemplares (para los institutos de Santander, San Isidro y Cardenal Cisneros).

34 Autor en 1903 del planetario Lloret (LLoret y de Yepes, 1903), adquirido por los institutos de San Isidro, Oviedo y Toledo (*Gaceta de Instrucción Pública*, Madrid, 18 de marzo de 1904, 941) y probablemente por el de Santander (López-Ocón, 2014a).

35 Su invento más conocido fue un aparato portátil de rayos X que pesaba aproximadamente 10 kilos, gracias al transformador que poseía; estuvo presente en numerosos institutos para demostraciones con tubos de Geissler y otros tubos de descarga; tenía el certificado de productor nacional (*Gaceta de Madrid*, 6 de febrero de 1934, 37).

con agilidad a los requerimientos planteados. La amplia disposición de estos recursos seriados facilitó la aplicación de las políticas públicas centralizadoras.

Responde a este perfil, que presenta analogías con la firma de Graselli y Zambra, el negocio de Antolín Ortega. En el catálogo de 1859 decía que llevaba unos años vendiendo instrumentos y que había visitado las principales fábricas del extranjero, con cuyos fabricantes mantenía correspondencia. Se ofrece, por tanto, como intermediario para llevar a cabo los pedidos que recibía y solo al final asegura que también “se componen toda clase de instrumentos” (Ortega, 1859). Los aparatos de esta casa que se adquirieron en el Instituto de San Isidro ponen de manifiesto que Ortega actuó como representante de diversas firmas de escala internacional radicadas en París, como Ducretet, Koenig y Lancelot, así como de la compañía de cámaras fotográficas Emil Suter, ubicada en Basel (Suiza).

En España hubo otras empresas similares, que surgieron en la segunda mitad del siglo XIX y que mantuvieron su actividad en el siglo XX. Aramburo, ya mencionado, fue una de ellas; Recarte (Carrea de San Jerónimo), Linares (c/Carretas 3) y Villasante (c/Príncipe 10) fueron otros ejemplos similares.

En la calle Echegaray y en la Carrera de San Jerónimo, en el tramo que va desde la Puerta del Sol hasta la Plaza de Canalejas, donde se ubicaban otros negocios similares, también se estableció Manuel Recarte, cuyo comercio se fundó, de acuerdo con la publicidad del mismo, en 1836. Con el paso del tiempo, el establecimiento fue ampliando su oferta hasta comprender una amplia variedad de productos, especialmente los instrumentos de dibujo, matemáticas, topografía, ciencias... pero también había objetos de papelería, dispositivos eléctricos, barómetros, material óptico y trajes impermeables para buzos. En anuncios de 1900³⁶, siendo ya el propietario Recarte Hijo, se decía que contaba con corresponsales en centros de Europa y América, atendiéndose toda clase de encargos³⁷. El diseño publicitario que aparece en *La Lectura. Revista de Ciencias y Artes*³⁸ (1901, 1, nº 11) es llamativo porque recrea a un

36 Por ejemplo, *Heraldo de Madrid*, 24 de enero de 1900.

37 Ya en el catálogo de 1860, con una oferta variada, en la que los objetos de física ocupaban una pequeña parte, se afirmaba que además de los artículos mencionados, podían pedirse instrumentos fabricados en Inglaterra, Alemania y Francia; también se insistía en que disponían de los últimos inventos en los instrumentos matemáticos, M. Recarte, *Catálogo de instrumentos matemáticos, efectos para delineación y otros varios que se venden en el almacén...* Madrid, mes de junio, 1860.

38 De orientación liberal, fue fundada y dirigida por el escritor y periodista Francisco Acebal (1866-1933), persona ligada a la Institución Libre de Enseñanza y que llegará a ser

niño manipulando un carrete de Ruhmkorff (aparato para la obtención de tensiones elevadas). Es una imagen de los artefactos como un juego inocente, desprovisto de peligro y al alcance de los jóvenes; la representación, en definitiva, de la ciencia recreativa, ampliamente invocada como reclamo en el siglo XIX y primeras etapas del XX.

En la tabla aparecen varios ejemplos de firmas destacadas (establecidas en Madrid) y los vínculos que mantenían con las firmas extranjeras de producción de instrumentos³⁹. Se ofrece así una idea de las conexiones de la industria educativa en el Continente.

FABRICANTE ESPAÑOL	PAÍS PRODUCTOR	FIRMA
Álvarez	Alemania	Leitz
Aramburo	Alemania	Kohl
	Francia	Deyrolle
Giralt Laporta	Italia	Koriska
Oliva	Francia	Ducretet Koenig
	Inglaterra	Negretti & Zambra
	Suiza	Suter
Recarte	Alemania	Breithaupt Richter
	Inglaterra	Troughton
	Italia	Porro Salmoiraghi

Como ya se ha indicado, las empresas mencionadas mantuvieron sus negocios en el siglo XX. A ellas se unieron otras, que conservaron el perfil de los establecimientos consolidados en la centuria anterior. Una diferencia desta-

nombrado, en 1907, vicesecretario de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas.

39 Se señala la firma Giralt Laporta porque, si bien la oficina central estaba en Barcelona, contaba con una sede en Madrid; aquí se menciona como distribuidor de otros productos, ya que tenía una importante producción propia, dedicada a proveer a laboratorios. Tenía una fábrica en Madrid (en Valdemorillo), que se sumaba a la de Barcelona, activa entre 1915 y 1936. Era “Depósito para España de la casa Koristka de Milán”, y según Giralt-Laporta (1917, 166-191) distribuía de esta firma microscopios, aparatos de microfotografía, aparatos para la proyección de diapositivas, epidiascopios y micrótomos. También estaba dedicado a la exportación a América Central y Filipinas.

cable de las nuevas compañías, como Sogeres, de 1918, es que tienen una oferta de productos más homogénea, centrada en el material propiamente pedagógico y en la enseñanza. El catálogo de 1929 estaba dedicado según el título a “aparatos para la enseñanza de la física”⁴⁰. De igual manera la Casa Álvarez, de 1912, de donde procedían los armarios de preparaciones de Santiago Ramón y Cajal, presenta sus productos con el apelativo de “material de enseñanza”, como puede comprobarse en el título del catálogo de 1924 (Álvarez, 1924). Al final del listado de precios y nítidas ilustraciones en blanco y negro, se indican las relaciones que mantiene con “los más afamados constructores de material de enseñanza”: Leybold, Krantz, Koehler, Baird y Tatlock, Auzoux, Rousseau, Deyrolle, etc. De igual manera, otra dimensión sobre la que conviene insistir de estas firmas es su proyección comercial hacia América, aspecto que se señalaba oportunamente en la información publicitaria.

Todas comparten otro rasgo: el interés por incluir apartados significativos dedicados a la enseñanza visual mediante proyecciones y láminas, oferta que, como se verá, está animada por la sobrevaloración de la observación en el aprendizaje (la enseñanza por el aspecto) y por la idea de que los materiales físicos empleados hasta el momento podían sustituirse fácilmente por los recursos mencionados. La casa Álvarez, en el catálogo de 1924 destacaba como auxiliar novedoso de la enseñanza los “pequeños aparatos de proyección, que, por su precio, fácil manejo y múltiples aplicaciones, son de un uso cada vez más generalizado” (Álvarez, 1924). También poseían con similares fines aparatos cinematográficos.

Una de las empresas españolas más destacadas del siglo XX, dedicada a la distribución de material educativo, fue Cultura: Material pedagógico, activa en la Dictadura de Primo de Rivera y en la Segunda República. En 1924 fue fundada por Juan Eimler en Madrid y en 1927 se asociaron Ramón Basanta y Pablo Haase. Un año después de su creación publicaba el primer catálogo, con una amplia oferta destinada básicamente a los establecimientos administrativos y de enseñanza. En diez años aparecieron veinticinco catálogos, pero sin una periodicidad regular: fue más frecuente la producción en los primeros cinco años. Los títulos reflejan el empeño de los autores por presentar una imagen de renovación metodológica (se repite la expresión “material pedagógico moderno”) y por señalar el destino preferente de los catálogos; en el de 1932 se aseguraba que el contenido estaba pensado para institutos, escuelas normales, escuelas nacionales y demás centros docentes (Moreno y Marín, 2014, 523-531). Pero

40 En catálogos posteriores, los sucesores de Ramón Llord, mantenían como subtítulo “Material científico-pedagógico”.

las ilustraciones, en escala de grises, eran de una calidad modesta, a una distancia de las que se empleaban, por ejemplo, en los repertorios de Kohl y Leybold.

Teniendo en cuenta la información expuesta, la relación de los centros de producción y distribución con los centros de enseñanza secundaria respondió con leves variaciones al modelo que representa el Instituto de San Isidro de Madrid. Durante el siglo XIX predominan los proveedores franceses, pero algunas piezas proceden de fabricantes españoles, como José Graselli y de casas comerciales dedicadas a la distribución. Desde finales del XIX y mediados del XX se aprecia una mayor diversidad: hay una presencia destacada de material alemán (Leybold, Ernecke y Kohl), hay instrumentos ingleses (de Casella y Griffin) y se mantienen las demandas a Francia (Ducretet y Koenig). Igualmente a medida que avanza el siglo se percibe la presencia creciente de las casas españolas: Aramburo, Torrecilla, Sogeresa (fundada en 1918), Cultura (González de la Lastra, 2011, 565)⁴¹.

En estas líneas, el estudio se ha centrado en trazar las líneas generales de la industria de los objetos científicos, atendiendo con especial interés a sus relaciones con el colectivo docente y con las estructuras administrativas. Preferentemente, por las evidencias disponibles y con el fin de profundizar en los temas tratados, se han mencionado los negocios establecidos en Madrid ocupados en el material perteneciente a los gabinetes de física⁴² (véase para comprobar la localización de los más representativos en la capital la fig. 6).

Los fabricantes y las redes de distribución proporcionaron unos recursos

41 El mantenimiento del patrón descrito en otros institutos, como el de Alicante y Castellón puede comprobarse leyendo el trabajo de Suay Matallana (2012, 10-16). En el Instituto de Valencia (actualmente Luis Vives), la distribución de los fabricantes es la siguiente: los franceses representan el 76% de las piezas firmadas, el 12,5 % son españoles y el 11,5 % son alemanes; en el primer grupo, el mayor número de instrumentos corresponde a Secrétan, después: J. Salleron, Ducretet y Richard Frères; véase Simón Castel (2002, 245-258).

42 Si bien tampoco se han citado todas, porque excede los propósitos de este trabajo; hay otras, como Antonio Pérez, dedicada a material escolar, que distribuye artículos de otras ciudades nacionales, europeas y americanas (véase Librería escolar de Antonio Pérez: *Catálogo Ilustrado de Material de Enseñanza, objetos de escritorio y dibujo; libros premios, obras religiosas etc.*, Madrid, Hijos de Antonio Pérez, 1911); Talleres Kelvin, también en Madrid, dedicado a material de precisión, que incluía instrumentos de antropometría; Estévez y Jodra, establecido junto a otras casas en la calle del Príncipe (en *Revista general de enseñanza y bellas artes*, 1 de noviembre de 1912 insertan un anuncio en el que se presentan como proveedores del Estado, con instalaciones completas de laboratorios químicos y gabinetes de física, además de disponer de talleres de soplado).

que, por un lado, sirvieron para la consolidación de políticas educativas estatales, extendidas a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX y primeras décadas del XX, y, por el otro, para el establecimiento de unos patrones homogéneos de educación científica según los estándares internacionales. Como efecto de estas demandas y circulación de instrumentos se asentaron talleres-almacén en España que, en algunos casos, alcanzaron una escala internacional y que proveyeron en torno al 10 por ciento de los objetos requeridos por los institutos al final del periodo estudiado, especialmente porque el material educativo no era un sector que exigía una elevada precisión.

La disposición de estos métodos estandarizados facilitó la participación de los centros de secundaria, como se verá en los próximos capítulos, en programas estatales dedicados a la recolección de datos meteorológicos y antropométricos, así como a la difusión de los nuevos estándares de pesos y medidas.

El ritmo de asimilación de los objetos científicos y técnicos no fue siempre uniforme, sino que dependió de las prioridades de la política educativa y de otros factores, de ahí que en el siguiente capítulo se contemple cómo afectaron las decisiones gubernamentales en las pautas que siguió la apropiación material de los artilugios en los centros.

Pero la difusión de estos objetos tuvo un efecto destacable en la creación de acciones educativas en torno a la invención de nuevos artefactos que desafiaban la estandarización. Una vez que la comunidad docente se apropió de los numerosos artefactos en circulación, se plantearon demandas teóricas y prácticas que promovieron importantes cambios en los estilos de fabricación dominantes. En los próximos capítulos se analizará este proceso, así como sus efectos en la transformación de los productos industriales estandarizados. Las exigencias planteadas, como se verá, fueron importantes en las dinámicas de producción de las grandes firmas. La Primera Guerra Mundial marcó el final de los diseños basados en la madera, el vidrio y el latón. Desde ese momento, los fabricantes se adaptaron a nuevos modelos educativos que prestaban más atención a los principios y a una rigurosa metodología inductiva que a la repetición acrítica de demostraciones con un interés básicamente histórico. En la década de 1920 se iniciaron procesos de simplificación de los objetos, de sustitución de los materiales clásicos por otros más económicos y accesibles al uso común. En esos años, en definitiva, se redefinía el objeto pedagógico.

CAPÍTULO 4

DINÁMICA DE LOS GABINETES: LA APROPIACIÓN MATERIAL

1. Introducción

Una vez contempladas las condiciones materiales establecidas por la industria de fabricación de instrumentos y las condiciones administrativas derivadas de la acción política, ahora nos trasladamos a los centros, los espacios de intervención de los profesores, quienes, primero, tienen el cometido de resolver los problemas relativos a la recepción de los objetos y, posteriormente, confieren a estos artefactos diferentes usos, según las tareas y compromisos asumidos. En este capítulo examinaremos la fase inicial de estas ocupaciones, la dedicada a la adquisición de los recursos y su justificación. Para ello, se han diferenciado tres etapas: a) la primera, cubre cuarenta años que van desde el viaje a París de Gil y Zárate hasta la resolución gubernamental de 1886 relativa al control estatal de los recursos económicos de los institutos; b) la segunda, comprende la crisis en la provisión de los gabinetes, acompañada del surgimiento de movimientos pedagógicos que redefinen la función de la enseñanza científica; c) la tercera, se ocupa de la recuperación desde 1906 aproximadamente de los medios para la renovación de los gabinetes, periodo en el que se crea el Instituto de Material Científico.

En general, como ya señalamos, el profesorado creía en la utilidad de los recursos materiales para mejorar la transmisión de contenidos en las aulas y emplear alternativas a las explicaciones meramente verbales. Mediante estos procedimientos, primero, se sustituían las palabras por experiencias y emociones, poniéndose así en práctica el precepto de la instrucción agradable o la máxima de “enseñar deleitando”. Segundo, se contribuía al prestigio del profesor y la institución, emulándose los métodos empleados en otros países. Tercero, la presentación visual mejoraba la asimilación y posterior reproducción memorística de los contenidos. Cuarto, se suponía que la física era una descripción de la naturaleza, y que la mejor forma de manifestar esta cualidad era poniendo en funcionamiento las máquinas, que supuestamente la imitaban. Y quinto, porque acumulando aparatos o empleándolos como referentes de las explicaciones la ciencia se hacía experimental, como se establecía en los decretos.

A continuación, se señalan los elementos que componen la dimensión de la *apropiación material* de los instrumentos y aparatos que conformaron los gabinetes. Esta fase, condicionada por la disposición de fondos, acceso a los catálogos y gestiones administrativas y aduaneras, obedece a un control externo y jerárquico. Se diferencia por tanto de la apropiación intelectual, que se verá en los capítulos 5 y 6. Distinguimos en el cuadro entre acciones prácticas, como el trabajo determinante de profesores que se incorporan a los centros o las medidas gubernamentales excepcionales, y la retórica de los profesionales, destinada a justificar las adquisiciones de estos recursos.

APROPIACIÓN MATERIAL

ACCIONES PRÁCTICAS

- Influencia de los profesores. Determinados docentes contribuyen de manera decisiva a la ampliación de la colección.
- Influencia de la adscripción del centro: diputación, universidad o ayuntamiento.
- Provisiones y medidas ministeriales excepcionales.
- Incorporación de materias nuevas en el currículo y participación en proyectos estatales.

ARGUMENTARIO DE LOS PROFESORES SOBRE LA ADQUISICIÓN DE PIEZAS

- Donaciones.
- Reparación de piezas.
- Contribución determinante al enfoque experimental que necesariamente debe tener la ciencia.
- Signo de modernidad. Refleja el estado alcanzado por la ciencia.
- Contribución al estatus del centro.

El Reglamento de los establecimientos de segunda enseñanza de 1859¹, ya en la era Moyano, fue continuista en el apartado dedicado a los medios materiales con lo ya establecido en el plan Pidal. Se mantuvo, por ejemplo, la exigencia de la estructura y distribución de la clase, en forma de anfiteatro con asientos numerados y con la tarima reservada al catedrático, como ya se dijo. Solamente se añaden algunas novedades, como la mención a un recurso nuevo (Reglamento, 1859, 30): “Junto al asiento del Catedrático habrá una pizarra ó encerado para escribir y trazar las figuras que exija la enseñanza”².

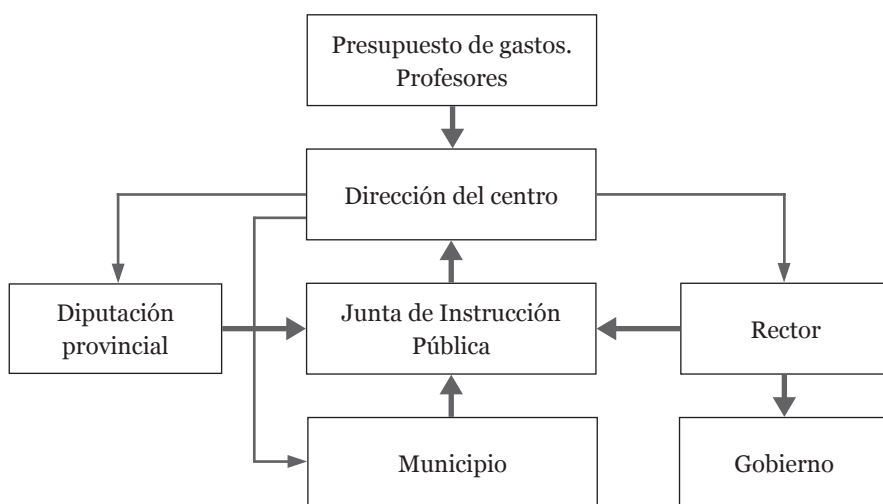
También aparece una alusión al procedimiento jerarquizado que debía se-

1 Reglamento de los establecimientos de segunda enseñanza (1859).

2 Junto a esta referencia se añadía que “Siempre que lo permita la distribución del edificio, el Profesor entrará en el aula por distinta puerta que los alumnos”.

guirse en la renovación de los medios materiales: “La Dirección general de Instrucción pública formará catálogos de los objetos propios para la enseñanza de cada una de las asignaturas indicadas en el artículo anterior, á fin de que los Directores se ajusten á ellos en las adquisiciones que hagan” (Reglamento, 1859, 30-31). Se recuerda igualmente en un artículo posterior que cada catedrático tendrá a su cargo la conservación del material existente en el centro para el desempeño de la asignatura. Por último, destacamos la omisión del “patio” para las “operaciones químicas que exigen el aire libre”, que aparece en el Reglamento de 1845.

Aceptada la continuidad establecida en el cuerpo legislativo, la tarea de los profesores se centró en asegurar la apropiación de los objetos en las aulas, y para ello siguieron diversas vías ajustadas a los imperativos propios de la maquinaria administrativa³, resumida gráficamente a continuación. Los catedráticos, cuyo cometido era custodiar y conservar el material, elaboraban una relación de las necesidades y diseñaban la consiguiente propuesta. Esta se dirigía al director, quien la remitía a la universidad, a la diputación o al ayuntamiento en función de la adscripción del centro. Estos por último enviaban los informes a la Junta de Instrucción Pública.



La maquinaria administrativa para la adquisición de material científico.

³ Una descripción más completa de esta maquinaria y de sus preceptos, según las distintas reglamentaciones, puede consultarse en Flores (1998, 51-70).

2. Mecánicas administrativas y la forja de una colección. Primera etapa (1845-1885)

Además de las acciones de Gil y Zárate destinadas a la provisión de los gabinetes, contamos con la valiosa información aportada por Mariano Santisteban, catedrático de Física y Química del Instituto de San Isidro, sobre el proceso de adquisición del material científico en los momentos posteriores. De igual manera, otras historias apuntan al permanente forcejeo y tensión con las autoridades para cubrir las previsiones establecidas para la enseñanza de las disciplinas científicas. Estos relatos reproducen una situación general de los gabinetes, donde los profesores en algunos casos no se lamentaban de la insuficiente dotación de estas dependencias. Hay que tener en cuenta para evaluar la representatividad de San Isidro que este y el Instituto Cardenal Cisneros acogieron desde 1862 a 1910 entre un 12 y un 15% del alumnado nacional de los centros públicos de secundaria, un porcentaje que llegó a ser del 25% en 1857 y en los primeros años de 1920; en la Segunda República se situó de nuevo en torno al 15% (Moreno y Nuñez, 2011, 471).

En su aproximación histórica, Santisteban se remonta a los años en que González Valledor, también catedrático de la asignatura, estaba entregado a la tarea de renovar la colección de instrumentos y aparatos, desatendida después de un momento de cierto esplendor en el pasado. La impresión ofrecida es que en esos tiempos no existía un diálogo productivo entre el docente y los estamentos administrativos. La realidad comienza a cambiar tras la reestructuración educativa nacional de 1845, sin embargo, no tardaron en presentarse dificultades que recuerdan a épocas anteriores. Santisteban elogia la decisión que condujo a esta reforma de la enseñanza pública (Santisteban, 1875, 45), que ha permitido enriquecer con material científico aquellas asignaturas que por su índole “demostrativo” y “experimental” es “imposible exponerlas teóricamente” (Santisteban, 1875, 40), afirmación que indica cuál es la perspectiva pedagógica asumida en las materias científicas.

Expone seguidamente el inventario de las piezas recibidas por el Instituto, pero su intención no es realizar halagos, sino ofrecer una descripción que permita percibir más nítidamente las limitaciones existentes. El texto que reproducimos deslucen el mérito de los supuestos logros obtenidos por Gil y Zárate en su viaje a París; las diferencias en sus discursos son evidentes, como corresponde a individuos pertenecientes a colectivos diferentes, el gubernamental -optimista- y el docente -escéptico y crítico. Para Santisteban, quienes

piensen que los instrumentos recibidos son suficientes (Santisteban, 1875, 43),

pueden convencerse de que el número de los aparatos que corresponden a los gabinetes de San Isidro por distribución fue muy corto, por su carácter todos ellos los más sencillos y elementales, por su calidad de mediana construcción, y por su precio, los últimos que se registraban en los catálogos de instrumentos de Física y Química de fabricación francesa, la más barata de toda Europa en esa época.

Incluso compara los recibidos con los que componen el fondo antiguo, españoles y de mejor factura que los procedentes del país galo. A continuación, se alude al mecanismo burocrático que se seguía en San Isidro para la tramitación de las solicitudes de renovación del material, uno de los itinerarios representados en el gráfico anterior (Santisteban, 1875, 48):

Al tomar posesión en 1850 de la cátedra y dirección del gabinete, nos encontramos instituida la centralización de las rentas y de todos los fondos de los antiguos Estudios de San Isidro, transformando estos en Instituto de segunda enseñanza, como una dependencia íntimamente unida a la Universidad Central, tanto bajo el punto de vista literario y científico como del administrativo. Por esta razón, la iniciativa del profesor, si alguna vez se propuso mejorar algo y enriquecer los gabinetes de Física y Química del Instituto, tenía que contar con cierto asentimiento oficial del Director del mismo, para que remitiera las peticiones a la Rectoral, que en último término había de elevarlo a los centros más superiores de instrucción pública.

Desde 1850 se entra en un periodo de incertidumbre, de retrasos en la recepción de material y desatención parcial o total de las demandas realizadas. El testimonio sobre esos años revela las dependencias de una administración centralizada que va rediseñando sus prioridades. En unos momentos se ordena el traslado de piezas del gabinete a la Universidad Central; en otros las cantidades destinadas en un principio a material son desviadas hacia otros cometidos, sueldos o reparaciones. Hasta el año 1865 no se atenderán de una manera amplia las previsiones de mejora y renovación establecidas por los profesores de Dibujo, Geografía, Física y Química e Historia Natural. Santisteban muestra casi eufórico su agradecimiento a las autoridades que han permitido semejante logro. Son las personas clave del mecanismo administrativo: Eugenio de Ochoa, Director de Instrucción Pública, dramaturgo, poeta, editor y estrechamente relacionado con el Partido Moderado; Juan Manuel Montalbán, rector de la Universidad Central, y Julián Manuel Sabando, jefe

del Negociado de Presupuestos y Contabilidad en la Dirección General. Los años de relativa bonanza del gabinete coincidían con una política educativa en la que estaban triunfando las tesis más duras de las posturas conservadoras.

La siguiente etapa y última de la que se ocupa Santisteban es la comprendida entre los años 1868 y 1874, ya dentro del Sexenio Democrático. En estos momentos el Instituto dependía de la Diputación provincial, hecho que no alteró sustancialmente su situación. El catedrático describe esta etapa, aunque llegaran aparatos de una manera discreta, con tonos sombríos. Basten las siguientes palabras para resumir un tramo amplio de la historia del gabinete: “durante 14 años han recibido los gabinetes de Física y Química del Instituto de San Isidro, la cantidad de 27.385 rs., o sea la insignificante suma de 1.956 rs. anuales, cuya cantidad basta leerla para comprender las amarguras que habrá pasado un profesor [...] durante 28 años dedicado a la enseñanza pública” (Santisteban, 1875, 123).

Poco después la situación mejoró levemente, debido a la medida aprobada en 1877, según la cual podía dedicarse el 50% de los ingresos por tasas académicas a compra de material. Esta disposición, ejemplo palmario de la mediación administrativa, debe tenerse en cuenta en general para entender los ritmos de evolución de los gabinetes. En las memorias del Instituto se observa claramente cómo desde la fecha citada se dispone de fondos significativos para destinarlos a las diversas disciplinas que precisaban material: Física, Química, Geografía, Agricultura, Dibujo, Matemáticas e Historia Natural. Pero desde el curso 1886-1887 la situación cambia radicalmente. En la memoria de esos años ya se lamenta “que desaparezcan los derechos académicos y con ellos la posibilidad de adquirir los objetos que exige la rápida marcha de los adelantos modernos” (Resumen, 1887). A partir de ese momento se emplea la cantidad de dinero remanente, una vez efectuados los gastos para material del último curso, en gastos menores: la adquisición de algún aparato, reparaciones y especialmente para comprar los productos químicos de los ejercicios del laboratorio. En el curso 1893-1894 vuelve a repetirse la petición de que el Estado restablezca la asignación a los establecimientos para la conservación de los “preciosos Gabinetes”. Pero la solicitud no encuentra respuesta. Este escenario se mantendrá en general durante veinte años, hasta aproximadamente 1906.

Las diferencias entre el cuadro descrito y otros centros de secundaria no debieron ser significativas, como ya se ha comentado. Dominaron los envíos

de circulares, los intercambios de cartas, los informes, etc., y una administración actuando como autoridad incuestionable. Gil y Zárate, por ejemplo, reconvino al Instituto de Enseñanza Secundaria de Guadalajara en octubre de 1847 por no haber respondido a la anterior Real Orden del ministro Pidal relativa a la remisión de un catálogo de los instrumentos científicos disponibles en el centro. Una vez atendidas las instrucciones, Gil y Zárate asegura que se había enterado “de lo muy poco provisto que se halla el gabinete de Física de esa escuela y que en el de química no existe máquina ni aparato alguno para dar la enseñanza de la referida asignatura [...]”, hecho que podría significar la supresión de las enseñanzas correspondientes al quinto año de Filosofía. Para remediar la inconveniencia se le adjudica al Instituto un fondo de doce mil reales (50 aparatos aproximadamente). Se confecciona la lista y se remite la misma a la Dirección de Instrucción Pública, quien se encargará de efectuar las compras “con economía” a los “maquinistas de París” (Leal, 2008, 83).

En otras ocasiones se presionaba con medidas consistentes en no permitir la concesión de títulos de bachiller si no se disponía de un “gabinete y colecciones científicas que para las más completa instrucción de los alumnos exigen los reglamentos vigentes”⁴.

Las distinciones mínimas que pudieran existir entre los centros debieron estar relacionadas con su adscripción a una diputación, municipio o universidad. Una vinculación que podía modificar levemente los ritmos en la aprobación de presupuestos o las cantidades concedidas. Pero no había lugares privilegiados. Lamentablemente no contamos con un relato como el de Santisteban sobre otros establecimientos similares. Ahora bien, los estudios y algunas memorias señalan los vaivenes y las discontinuidades que ya se han visto anteriormente a propósito de San Isidro. La formación de las colecciones dependía en una medida significativa, al menos en la parte correspondiente a los centros, del esfuerzo y persistencia de los profesores en los huecos de la maquinaria administrativa, así como de las gestiones basadas en relaciones personales de los mismos.

Así, en el seno del colectivo de los docentes encontramos dos tipos de discurso: en uno se emula la retórica propia de los gobernantes, subrayando la relevancia de las reformas emprendidas; en el otro se reclama insistentemente una mejora en la calidad y la cantidad de las piezas que componen los gabinetes⁵.

4 Real Decreto de 4 de mayo de 1848, *Gaceta de Madrid*, 5 de mayo de 1848, 2.

5 Sirva de ejemplo de esta segunda actitud el siguiente texto perteneciente a la *Me-*

Encontramos ejemplos de las diferentes dimensiones mencionadas en el Instituto Cardenal Cisneros, cuyo gabinete en su etapa como Instituto del Noviciado dependió de otros centros para las decisiones relativas a las colecciones. En este caso del Instituto de San Isidro, de la Facultad de Filosofía de la Universidad Central y del material perteneciente al Infante don Sebastián del Palacio Real. Consecuentemente, se mantuvo durante un tiempo en un estatus de provisionalidad. Francisco Tramarría, catedrático de Francés y director del Instituto entre 1847 y 1868, reclamaba compras para el gabinete, una demanda que se justificaba, según explica, por la inestabilidad de la colección, por la categoría del centro y por la, entre otras razones, incapacidad para transmitir conocimientos a la altura alcanzada por las ciencias experimentales en esos días (Memoria, curso 1859-1860). Atendiendo a las demandas, el rector de la Universidad Central decide conceder una cantidad para el material, lo que representa un alivio relativo para el catedrático, quien agradece como corresponde el magnánimo gesto de la autoridad. Los aparatos, en realidad, una máquina neumática de Pixii, una máquina eléctrica y otros instrumentos de óptica y de electricidad, tardaron dos años en llegar. A esta reivindicación se añaden otras, un laboratorio de química, un local nuevo... Hasta el año 1876, sin embargo, no se recibe una partida significativa de instrumentos y aparatos. Mientras tanto, se repetían las quejas: que las lecciones debían ir acompañadas de experiencias (si no, es “infructuoso el estudio de dicha ciencia”) y que el establecimiento se merece una mayor atención por la importancia del mismo (Memoria, 1863-1864 y 1868-1869). En las memorias se advierte que los aparatos son una contribución insustituible tanto a la pedagogía científica como al proyecto institucional, de ahí la retórica sobre la alta categoría del instituto. En general, los profesores de los diversos centros, asumiendo esta doble dimensión, trasladaron el material

moria del curso 1860-61 del Instituto de San Isidro: “La índole de las enseñanzas que en él se cursan, la escasa edad de la mayoría de los alumnos que las estudian, exigen que, si se han de obtener buenos resultados de la instrucción, sean esencialmente prácticas, y esto es imposible al no contar con buenos y abundantes medios de demostración. Hacer teórica una asignatura que debe ser experimental; obligar al alumno a que recuerde solo palabras y no exprese ideas, es infundir el desaliento, es amortiguar o entorpecer en su germen inteligencias privilegiadas, es recuperar la memoria de nombres inútiles y fomentar una erudición superficial, origen del charlatanismo y de grandes males, cuyos frutos se recogen luego, ya abandonando el alumno los estudios clásicos, fundamentos de toda educación literaria o científica, ya cursando sin fe, sin emulación, y solo por la esperanza de lucro, las importantes asignaturas de los estudios superiores”.

que formaba parte de un plan nacional del gobierno a los intereses del ámbito local. Esto aseguró su supervivencia y el mantenimiento del interés por su renovación y continuidad.

Fuera de la corte, el Instituto de Enseñanza Secundaria de Segovia empezó a funcionar en 1845 dependiendo de la Diputación provincial. El artífice de la colección de material científico fue Olayo Díaz, médico de formación, que ejerció en el centro como catedrático de Física y Química entre 1847 y 1863. Se afirma que el gabinete llegó a tener unas dimensiones equiparables al de San Isidro, uno de los más ricos de España (García Hourcade, Rubio y Vallés, 1988, 523). Le sucedieron en la cátedra Ildefonso Rebollo, licenciado en Medicina, y Miguel Arévalo y Benito, procedente de la Facultad de Ciencias. En la memoria del 61-62 aparecen reflejados 458 elementos de Física y 109 de Química. En la del año 1879 aparecen 416 entradas de Física y 98 de Química. La escasa variación reflejada en el documento citado es una consecuencia de las dificultades financieras de la Diputación en la década de 1870. En 1879 se llevan a cabo adquisiciones importantes y desde esta fecha hasta 1887 hay compras modestas pero regulares. La parálisis que se vive en el gabinete desde esta fecha tiene un motivo bien definido, como ya se vio en el caso de San Isidro: los institutos pasan a depender del Estado. Esto significa que la administración detraerá las antiguas rentas y las asignaciones procedentes de la Diputación sin ofrecer un sistema de financiación alternativa (García Hourcade, Rubio y Vallés, 1988, 523-524). El Instituto, desatendido en los recursos materiales, entra en una fase de franca decadencia.

El Instituto de Segunda Enseñanza de la Provincia de Granada, también creado en 1845, mantiene por su adscripción a la Universidad paralelismos con el Instituto de Noviciado. Compartió durante una etapa un importante gabinete y clases con el centro de educación superior granadino. Pero esto no sirvió para que el material se encontrara en óptimas condiciones. En 1861 las memorias señalan estas carencias, inapropiadas para lo que reclama “el estado actual de las ciencias” (Sánchez Tallón, 2011, 152). En el curso 1862-1863 la situación cambió. En ese momento es cuando se encuentra activo Luis Morón y Liminiama, que se presenta como “Doctor en ciencias físico-matemáticas”, nombrado catedrático de Física y Elementos de Química en 1861. Fue autor de un *Programa de Lecciones de Física y Química* y de una ampliación de este, un opúsculo titulado “El estudiante de física y nociones de química” (1868), textos que comentaremos más tarde. Ese mismo año, gracias a la autorización del rector, comenzó a llegar un número importante

de instrumentos; en total, 96. Después, en 1862, 35; en 1863, ninguno; en 1864, 12, y en 1865, 44. Existe algún pedido con su firma (Sánchez Tallón, 2011, 153), prueba de la implicación de los profesores en la gestión del material.

A partir de este momento se inicia un amplio periodo caracterizado por la irregularidad, con etapas en las que no se reciben objetos y otras en las que de manera excepcional hay compras discretas. En la primera etapa la dependencia dedicada a los aparatos debió funcionar activamente, ya que entre 1875 y 1891 contó con un “recogedor de objetos y encargado de los gabinetes” (Sánchez Tallón, 2011, 154), signo de que las piezas eran trasladadas a las aulas para complementar o sustituir las explicaciones ante los estudiantes. Desde 1882 hasta 1915 apenas se observan actividades de renovación en el gabinete, salvo el tramo comprendido entre 1906 y 1909 (Sánchez Tallón, 2011, 155).

Los elementos relativos a la apropiación materiales, señalados al comienzo del capítulo, están presentes también en el Instituto de Canarias. En 1866 el director se quejaba de las carencias materiales del centro (Memoria, 1867, 13-15). Diez años más tarde, la llegada del catedrático de Física y Química Mariano Reymundo Arroyo, un joven de 24 años procedente de la Universidad Central, representó un moderado impulso para la insuficiente dotación instrumental del gabinete. Consideró entonces que era “absolutamente indispensable la adquisición de algunos aparatos, así como la sustitución y arreglo de otros muchos si hemos de dar el verdadero carácter experimental que corresponde a este género de estudios” (Trujillo, 2006, 109-110). Se mantuvo en el centro durante cinco años, periodo en el que además del empeño por la renovación del material, fue responsable de la estación meteorológica (ocupación de la que se hablará en el siguiente capítulo). Sin embargo, el Instituto tuvo dificultades para la recepción de material en los primeros años de la década de 1880, que se resolvieron a partir de 1885, con la recepción de objetos y maquinaria (si bien no contamos con datos específicos sobre el número y los campos cubiertos)⁶.

En otros centros contemplamos patrones similares. El Instituto de Valladolid se emancipó definitivamente de la Universidad en 1859, pero en unas condiciones muy poco favorables si nos fijamos en los medios y el edificio ocupado. En diciembre de 1862 Francisco López Gómez obtiene el traslado del Instituto de Vitoria al de Valladolid, haciéndose cargo de la cátedra de Física y Química. Permanecerá durante casi treinta años en este puesto, una

6 Fajardo (1995), López Martínez (1999) y Trujillo (2006).

continuidad que benefició el despegue y consolidación del gabinete⁷. Desde entonces hasta 1883 se adquirieron algo menos de 300 piezas (Orantes, 2011). Pero estas no llegaron al centro de manera continua. Es muy posible que en la década de 1870 se produjera una relativa parálisis, aliviada ya en la Restauración por la medida de 1877. Tampoco hay que omitir que la aparente neutralidad del aparato burocrático y centralizado se postergaba provisionalmente por la intervención de amistades políticas que facilitaban la adquisición de materiales sin las exigencias de los trámites oficiales. En el caso de Valladolid, fueron determinantes los vínculos que existían con Claudio Moyano. Desde 1883, en el gabinete domina la atonía hasta 1906.

Estas apreciaciones ponen de manifiesto que los profesores no contaban con un gabinete completo desde el principio, con los materiales necesarios para reproducir las experiencias previstas, al menos las programadas en los manuales. No era posible realizar, por tanto, una planificación completa contando con la presencia de la instrumentación adecuada. Unas circunstancias que definían la práctica del profesorado. Antes hemos señalado los lamentos de Santisteban en relación con la disponibilidad de las piezas adecuadas para la enseñanza. La recepción de los objetos seguía un patrón irregular en los diferentes institutos y, como se ha podido comprobar, las adquisiciones se realizaban siguiendo más criterios de oportunidad que de periodicidad estable.

Algunas prácticas correspondientes a los procesos de adquisición de los objetos revelan el carácter laborioso de las operaciones dentro de las condiciones económicas y administrativas existentes. En 1861, el Instituto de Palencia ya contaba con los requisitos legales necesarios para iniciar compras de material destinadas a renovar el gabinete. Para ello recurren a un reconocido fabricante francés, Breton Frères. En la correspondencia con el afamado constructor parisiense se menciona la mediación del profesor Manuel Rico y Sinobas, a la sazón catedrático de Física y Química de la Universidad Central, quien previamente había remitido un listado de instrumentos al centro. El director acepta la relación de piezas, así como los precios enviados por la casa Breton, a los que se ha aplicado una reducción del 8%, y añade que ese año no puede pedir más aparatos e instrumentos que los que figuran en la lista indicada, ya que deben ajustarse a “las cantidades aprobadas para este objeto en el presupuesto de estas escuelas”. Sin embargo, asegura igualmente a la firma que “pueden V.V. estar seguros que agradándonos los instrumentos que les tenemos pedidos por el Sr Rico, todos los años continuaremos pidiendo los

7 Para el que fabricó modelos de instrumentos en madera.

que nos faltan hasta completar el gabinete de Física y Química”⁸. Se pusieron en práctica destrezas mercantiles de dudosa legalidad para obtener las condiciones más ventajosas, especialmente porque los gastos no se limitaban al valor estricto de las piezas. Había que tener en cuenta otros pormenores, como el pago de derechos de aduana que representaban el 10% o 20% del coste total. Para compensar el aumento en las cantidades finales, en la misma misiva el director plantea a los fabricantes una argucia contable: “convendría que en la factura que acompañe al pedido hasta Irun figurasen los instrumentos por una tercera ó cuarta parte nada mas de su valor, sin embargo de enviarme otra del valor verdadero y con el recibí de su importe”. Los fabricantes franceses accedieron (en lugar de 1214 rs. se pagaron 216)⁹ y ahora solo restaba resolver el problema del transporte, cuyo coste hasta Palencia fue de 215 rs. Los aparatos e instrumentos, consistentes en un motor eléctrico (608 rs), un telégrafo eléctrico (817 rs), una locomotora eléctrica (637 rs), un sistema de seis placas vibrantes, un sonómetro, etc. y algunos libros tardaron un poco más de un mes en llegar a su destino.

A estas adquisiciones se añadió cinco años más tarde un telescopio con objetivo acromático, comprado a la misma casa, con un precio de 2760 rs. De nuevo se intentó el escamoteo contable aplicado en la anterior compra, sin embargo en esta ocasión en la aduana no aceptaron la versión de la estimación recibida y tasaron el instrumento por encima de su coste. Se valoró en 4000 rs. y por tanto el arancel fue de 400 rs., a los que había que añadir los gastos de envío. Lo que resta por dilucidar, después de este esfuerzo económico, es su cometido en el programa docente, que no debía ir más allá, en el caso de un telescopio no profesional, de describir sus partes en el apartado dedicado a la óptica y algunas observaciones desprovistas de un programa específico, según la información disponible. Junto a este objeto se compró un péndulo de Foucault, un microscopio solar y un aparato de fantasmagoría¹⁰.

8 Carta del Director a los Breton. 18 de febrero 1861. Palencia. AIJM. Caja 450. Instrumentos científicos. Archivo del Instituto Jorge Manrique (consultado en línea).

9 El total de la factura ascendía a 6714 rs. Un catedrático en 1847 cobraba 6000 rs (IES de Palencia/ IES Jorge Manrique).

10 Instituto de Palencia (Memoria, curso 1866-1867). El texto empleado en ese momento era el de Manuel Rico y Mariano Santisteban, *Manual de física y elementos de química* (Madrid, 1858, 2ª); en general, sobre el instituto, Coria (2010).

3. Coleccionismo en crisis: segunda etapa de los gabinetes (1886-1906)

En el periodo que contemplamos en este apartado estuvieron vigentes los planes de estudios de Lasala, Groizard, Gamazo, Pidal y Mon, García Alix, Romanones y Bugallal. Centrándonos en el de mayor duración, el de Lasala (Real decreto de 13 de agosto de 1880¹¹), activo durante 14 años, constatamos que se mantiene la división entre los estudios generales y de aplicación. Además, la Física y la Química junto con la Historia Natural con principios de Fisiología e Higiene y la Agricultura se impartían diariamente. Y las materias de matemáticas precedían a las de Física y Química. No hay en los decretos indicaciones específicas, diferentes a las ya vistas, sobre metodología ni sobre material científico.

Posteriormente, el acontecimiento más significativo en la estructura orgánica de secundaria es la transformación de los centros de segunda enseñanza en institutos generales y técnicos, llevada a cabo por el ministro de Instrucción Pública¹², el conde de Romanones¹³ (17 de agosto de 1901). En la retórica del decreto el propósito era promover la formación técnica frente a una excesiva presencia de las materias humanísticas; en la práctica, sin embargo, como reconoció posteriormente el ministro: “la medida no arraigó, pues el profesorado oficial resistió a aquel injerto; fue lástima, pues la idea, bien planteada, podría tener eficacia” (cit. en González de la Lastra y Guijarro, 2012, 81). Sí se observó, en cambio, durante las primeras décadas del siglo XX, como se indicará en el capítulo quinto, un interés notorio por fomentar la dotación material de los gabinetes tecnológicos, en particular el de agricultura, y de impulsar la enseñanza visual a través de los aparatos de proyección.

Coinciden en este periodo dos fenómenos. Por una parte, la relativa parálisis de los gabinetes, como se verá seguidamente. Por la otra, el movimiento de redefinición del significado atribuido al material científico (corriente que ya se presentó en el primer capítulo). Como dijimos, en España, una de las instituciones en las que se asumieron y promovieron estos últimos cambios, así como los debates teóricos suscitados, fue el Museo Pedagógico Nacional.

11 Plan de Estudios Vigente, publicado con autorización del Ministerio de Fomento, Madrid, 1880.

12 Obsérvese igualmente como novedoso la disposición de un ministerio exclusivamente dedicado al mundo educativo.

13 Real Decreto de 17 de agosto de 1901, *Gaceta de Madrid*, 231, 19 de agosto de 1901, 790-795.

En el marco internacional surgen expresiones como la de “manualisme scientifique”, “hands on”, “learning by doing”, o se difunden diversas propuestas, como las contenidas en la educación integral y activa, la educación nueva, la educación progresiva, la pedagogía basada en el estudio científico del niño... Las expresiones clave que en el pensamiento de Manuel Bartolomé Cossío responden a las nuevas corrientes son “antimuseo” y “fetichismo del aparato”, cuya interpretación práctica será examinada más adelante. Comienza así una época de eclecticismo metodológico, donde diversas propuestas se solapan, desde la demostración clásica, ya sea mediante aparatos y proyecciones visuales, a los ensayos que invitan a la participación estudiantil en la construcción de los experimentos y de sus explicaciones.

Con algunas excepciones, dependiendo del centro considerado, en torno al año en el que se decreta el cambio de adscripción económica de los institutos (1886), la discontinuidad característica de la etapa anterior se convierte ahora en una atonía generalizada, en la que se producen movimientos solo excepcionales en los gabinetes.

El Instituto de Murcia no se benefició de la estatalización presupuestaria, porque a partir de la medida aludida de 1886 cesó la etapa de esplendor que había mantenido desde 1857, sobre todo tras la incansable labor del catedrático Olayo Díaz (etapa en el que se alcanzaba la cifra de 500 piezas en el gabinete)¹⁴. En el Instituto de Palencia, tras las irregularidades en la provisión de material y el impulso que significó la instalación del observatorio meteorológico (con Becerro de Bengoa como catedrático), se afirmaba en los últimos años del siglo que faltaban los aparatos “en armonía con el progreso de los estudios de observación” (López Martínez, 1999, 204, n. 437); seguían pues manifestándose los argumentos para la adquisición de material de la etapa inicial. En el Instituto de Granada, desde 1882 hasta 1900 el nivel de adquisiciones, con la excepción de un par de años es muy escaso o nulo (Sánchez Tallón, 2011, 155). En el Instituto de Secundaria de Pamplona, en la memoria presentada en el año 1897, el director denunciaba que desde que se incorporaron los centros al Estado no se han podido recaudar las cantidades

14 En la memoria del curso 1893-94 se afirmaba en el apartado dedicado a material científico que “La consignación que para esta atención figura en el Presupuesto del Estado para el año económico de 1893 a 94, es todavía menor que la de 1892 a 93, y por ello solo puedo consignar en este lugar que no ha habido adquisición alguna de especial mención, y si solo de pequeñeces que figuran en los cuadros de esta Memoria, y que han permitido las demás atenciones a que se atiende con la asignación” (Instituto Provincial de Murcia, 1893-1894, 8).

correspondientes a los derechos académicos ni se le han concedido fondos en función de sus necesidades, por lo que no se han atendido diversas demandas materiales. Por ello, la “Biblioteca, los museos y gabinetes no continúan enriqueciéndose con los libros, aparatos y modelos que diariamente se inventan para simplificar y mejorar los procedimientos de enseñanza, y en este punto, bien lo sabéis, ocurre lo que con los enfermos y con todo lo que está sujeto a la acción destructora del tiempo: no mejorar es empeorar, no avanzar equivale a retroceder” (Instituto Provincial de Pamplona, curso 1896-1897, 12). Para finalizar con esta serie de casos, añadimos un dato más: en el Instituto de San Isidro, entre 1895 y 1900, no hay fondos disponibles para material científico.

Las escasas adquisiciones realizadas en los centros procedieron en parte de equipamientos ligados a la implantación de las nuevas materias en el curriculum. En este marco estaban los materiales relativos a la cátedra de gimnástica higiénica, un dominio perteneciente a los presupuestos de la medicina social, así como a las nuevas corrientes pedagógicas vinculadas a ellos, que se extienden también en esta etapa y que estudiaremos en el capítulo 7.

En el Instituto de Valladolid, como ya vimos, desde 1882 la recepción de nuevos materiales para el gabinete fue muy escasa hasta los primeros años del siglo XX. Una situación que debía conocer de primera mano Ricardo Macías Picavea, catedrático de Latín y Geografía del centro. En su libro *El problema nacional* (1899), guiado por sus experiencias y el discurso pedagogo del momento, se refería a los recursos de los institutos en los siguientes términos: los edificios, viejos, consistían en un “casón, una oficina de matrículas, media docena de salas con bancos; he aquí todo el físico de tales institutos. Diez catedráticos, cuatro sustitutos (que no auxiliares); cuatro o seis mozos o bebedes; he aquí el alma de ese almario”. Habla del tiempo dedicado a las clases y de los métodos: “catorce lecciones librescas, verbalistas, teóricas” (Picavea, 1899, 125). Y en esas salas: “no se colocan bancos, sino vitrinas o acristalados armarios, donde luce una serie de chirimbolos (que diría el socarrón de Valera), importados de París, quien de antemano nos los tiene prevenidos en calidad de *articles pour Espagne*, o séase bisutería de deshecho. Son los eternos gabinetes de Física e Historia Natural, decoración egipcia del Instituto, y que solo en verdad para tal efecto decorativo sirven” (Picavea, 1899, 126). El lenguaje empleado describe a las colecciones como una suerte de objetos momificados, anticuados e inútiles, escasamente usados y ajenos a la vida de las prácticas educativas.

Estos y otros calificativos que emplea el autor deben comprenderse a la luz de una visión inscrita en el Regeneracionismo, en la que se entiende, como suscribió Joaquín Costa, que los problemas nacionales tienen raíces pedagógicas (Puelles, 2000, 9-10). Los indicadores eran elocuentes: número de institutos de secundaria con un escaso crecimiento desde que se crearon; número de alumnos atendidos limitado y selectivo; presupuestos muy modestos; solo 15.000 alumnos matriculados en universidades (principalmente en Derecho y Medicina) y tasas de analfabetismo elevadas (60%). Las palabras anteriores de Picavea y otras que aparecen a continuación describen los gabinetes como entidades muertas¹⁵; para él deben transformarse en órganos vivos donde predomine la educación positiva. La retórica catastrofista es una excusa para plantear una renovación basada en el protagonismo inexcusable de la ciencia en todos los órdenes:

Cada tiempo y cada sociedad, según lección de la historia, tiene su ley y su molde: ahora la fe, ahora la espada, ahora la ciencia. Esta última es la vigente: fuerza que hoy todo lo avasalla. Engendra la riqueza, arma los ejércitos, gana las batallas, conquista el globo, domina la materia, inspira el arte, autoriza la moral, ensancha la vida, hace grandes a los pueblos. (Picavea, 1899, 121).

La imagen sombría y distorsionada que aquí se muestra del gabinete es el resultado de un debate sobre los cometidos de la pedagogía y de sus recursos que se inició dos décadas antes, cuando profesionales ligados al krausismo y al positivismo adquirieron notoriedad en la política educativa. Picavea, que pertenece a esta tradición, exagera las debilidades de planes anteriores para elevar las expectativas de los propios.

El material científico es solo la realidad visible, junto con la insuficiencia de los edificios para albergar las prácticas docentes, de una situación con importantes desajustes entre las expectativas y la oferta de la Administración. A continuación, transcribimos una parte del informe elaborado en 1917 por el Ayuntamiento de Barcelona sobre el Instituto de esa ciudad, donde se revisa la evolución del centro y se señala con especial interés en qué momento se encontraba a finales de la década de 1880. Aunque como en otros casos el tono reivindicativo pueda desvirtuar en algún momento la realidad, la imagen general ofrecida coincide con otros relatos ya aludidos en este apartado:

15 Además, había elaborado un estudio sobre la realidad educativa titulado *Aportes y estudios sobre la Instrucción Pública en España y sus reformas* (1882).

Agregado el Instituto de esta capital á su restablecida Universidad como una sección de la Facultad expresada, en 22 de Octubre de 1847, se nombró á su primer Director don José Martí y Pradell; al verificarse su separación académica en 1859-60, fue su primer Secretario don José Luis Pons y Gallarza, principiando el archivo de documentos; y en 1860 corrió á cargo de la Provincia á cuya protección se debe el origen de sus riquísimos gabinetes y muy buena parte del material de enseñanza.

Después de estar alojado en diferentes edificios, la Diputación de Barcelona trasladó el Instituto a las dependencias de la Universidad Literaria.

[Allí] actualmente ocupa un reducido é insuficiente espacio en su ala izquierda. En Diciembre de 1875 quedó instalada en dicho punto la Dirección, oficinas y todo el mobiliario del Instituto.

Desde entonces ha continuado en el mismo sitio, y hoy, por la importancia que ha llegado a alcanzar y por el crecido número de alumnos que al Establecimiento concurren, reclama un lugar propio y adecuado que de derecho se le debe y necesita para el desarrollo de sus enseñanzas. Es verdaderamente vergonzoso que un centro de cultura de tal índole no tenga un edificio propio, adaptado a las condiciones que exige la moderna pedagogía [...]

Esta necesidad no es de ahora; ya en 16 de julio de 1888, se envió por la Dirección del Instituto, que ocupaba don Francisco Bonet y Binfull, al rector don Julián Casaña, una comunicación que evidenciaba el estado del Establecimiento y que por su transcendencia transcribimos:

“Instalado el Instituto en una parte de esta Universidad sólo dispone de seis piezas para aulas y de dos para gabinetes de Física y de Historia Natural, que por su poca capacidad no admiten las nuevas adquisiciones que reclama la enseñanza; el gabinete de Química está concretado a pequeños armarios en una clase oscura, húmeda y reducida; ha tenido que habilitarse el extremo de un corredor para gabinete de Agricultura sin aula anexa. Falta también Biblioteca y Archivo de Secretaría, donde se han de amontonar los documentos, y se hace difícil las muchas clases de estudios generales y de aplicación; para las prácticas han de aprovecharse las horas intermedias que requiere la ventilación de las aulas [...]”¹⁶

Durante esa etapa se expande sin embargo la acción de una institución ya conocida, el Museo Pedagógico Nacional, cuyo ideario relativo a los recursos materiales ya presentamos en el primer capítulo. Si bien sus planes de formación de docentes estaban comprometidos con los niveles básicos, se pretendía que tuvieran igualmente una proyección en los intermedios.

Además de los objetos y modelos procedentes de la exposición que acom-

¹⁶ En ese momento, en el curso 1887-1888, tenía 7.248 matriculados. Ayuntamiento de Barcelona, *Anuario Estadístico de la ciudad de Barcelona 1917* (Barcelona, Henrich, 1917, 209-210), cit en Domènech i Domènech (1998, 103-5).

pañó al Congreso de Pedagogía de 1882, punto de partida parcial de los fondos museísticos, contamos con información contrastada sobre equipos instrumentales que formaron parte de sus instalaciones. En el apartado dedicado a la historia natural, los datos provienen de una reseña del secretario de la institución, Ricardo Rubio. Allí se describe el material empleado en las prácticas de botánica, el apartado educativo que respondía al propósito de “aprender a ver”¹⁷. Según los detalles proporcionados (Rubio, 1892, 129-133), los recursos se dividían en dos clases: los que se podían emplear directamente y los que servían de apoyo a estos (precisamente los que aquí nos interesan). Entre los primeros, Rubio nombra las láminas¹⁸, herbarios, preparaciones microscópicas, fotografías sobre cristal para proyecciones...; entre los segundos, los aparatos proyectores, los microscopios, lentes, micrótomos y cajas para herborizaciones. Los primeros permitían el acceso directo a la naturaleza; los segundos representaban una contribución indirecta, un rodeo artefactual. Sobre las linternas de proyección, Rubio afirma que el aparato empleado tenía buenas lentes pero que el sistema de iluminación era defectuoso, porque “difícilmente se consigue la cantidad de luz necesaria, sin producir gran tufo”. Solicita entonces que se sustituya por otra, de la que ofrece detalles en el texto: el número 2 del catálogo de aparatos de óptica de E. Lutz, de París, cuyo coste es de 100 pesetas. El Museo, según se describe, posee ocho microscopios. Seguidamente ofrecemos una ilustración de uno de los aparatos de proyección del catálogo de Édouard Lutz¹⁹ *Instruments d'optique*, de 1890.

17 Cometidos, como ya dijimos, del ideario del Museo, que se completaba con el “aprender a hacer”. No se trataba de tener grandes conocimientos derivados de la actividad memorística o del cultivo de las facultades, sino de centrarse en las funciones, en las formas de emplear esos contenidos.

18 Procedían de: *Cuadros de Historia Natural para la Enseñanza secundaria y las Escuelas Normales Primarias*, publicada por el editor E. Deyrolle. En total 37 láminas coloreadas de 1,20 x 0,90 m. También había láminas sueltas procedentes del atlas del profesor de Zurich, Arnoldo Dodel-Port, *Atlas de Anatomía y fisiología botánicas*. Son en este caso 42 láminas de 0,88 x 0,65 m. Tienen un alto valor científico y artístico, ya que se han realizado a partir de preparaciones realizadas ex profeso para el estudio de fenómenos fisiológicos, principalmente de la reproducción. Junto a estos soportes menciona Cuadro de botánica, de G. Bonnier y L. Mangin. Se trata de 30 cuadros de 1,20 x 0,90 m. sobre la morfología de los elementos microscópicos y fisiología de vegetales inferiores (Rubio, 1892, 130-131).

19 Nacido en 1832, creó la firma en 1848; recibió reconocimientos en exposiciones universales y falleció en 1895.

La linterna de proyección aludida probablemente era una versión simplificada de la que aparece en la imagen (véase la fig. 7), ya que esta tenía un coste de 250 francos, muy por encima del precio de la requerida por Rubio.

A esta enumeración Rubio añade unas reflexiones finales en las que se reproduce la filosofía institucional, que sigue el argumentario antimuseístico de Cossío visto en el primer capítulo. Se afirma que las referencias a los aparatos no deben intimidarnos. Todos son prescindibles, sostiene el secretario, porque “Si el maestro dibuja nada más que medianamente, con una lente de bolsillo, la tiza para el encerado y las plantas de su jardín, tiene ya todo el material necesario para un curso elemental completo de botánica” (Rubio, 1892, 133).

Conocemos que además de los materiales aquí descritos, el Museo tenía objetos pertenecientes a los cánones clásicos de la educación científica. Se empleaban probablemente en este caso para familiarizar a los docentes, en los cursos impartidos en el centro, con un tipo de instrumentación que después se iban a encontrar en los gabinetes²⁰.

En un orden diferente se encuentran los dispositivos destinados a la psicopedagogía y la antropometría. Su uso se inscribe en la categoría de recursos dedicados al estudio científico de los alumnos, siguiendo los presupuestos del eficientismo y del positivismo social que se están asumiendo en el pensamiento pedagógicos de finales del siglo XIX y principios del XX. De igual manera, estos laboratorios de psicología experimental se presentaban como un modelo a seguir en los institutos de secundaria, cuyo funcionamiento seguía pautas similares a las instalaciones dedicadas a la física o a la química. Cossío expone en 1899 los que forman parte del Museo, un grupo del que destacamos los siguientes: cronoscopio de Hipp (véase la fig. 8), quimógrafo de Ludwig, silbato de Galton, antropómetro de Garson, caja antropométrica de Topinard y una báscula (Cossío, 1899). El significado de este tipo de instrumentación, así como sus valores y efectos en el primer tercio del siglo XX, serán tratados más adelante en el capítulo 7.

También se mantuvo el interés por promover los aparatos de proyección, si atendemos al informe redactado por Cossío en 1913. Afirmaba allí que “De

20 Cossío menciona los siguientes artefactos, disponibles en el centro en 1884: “Poseyendo él [Museo] una máquina eléctrica de cierta potencia, teléfonos, fonógrafos, una colección de preparaciones anatómicas o de láminas y fotografías para la historia del arte, una máquina de vapor, un aparato de proyección [...] todo esto puede y debe circular de escuela en escuela [...]”, Cossío ([1884] 2007, 126); en BILE, VIII, 1884, 313-317.

entre estos aparatos económicos y prácticos, que sirven para exponer cuerpos opacos, el Museo acaba de adquirir y de ensayar con los más excelentes resultados, tres Radioptican, de la Casa Van Goitsenhoven, de Bruselas, uno de 175 francos, con iluminación eléctrica, y dos de 70 francos, con iluminación de acetileno el uno y eléctrica el otro”. Exponía indicaciones sobre las colecciones de diapositivas más apropiadas, añadiendo que en España no existía una industria para este tipo de material, por lo que debía acudir a casas foráneas para cubrir esta demanda. Al mismo tiempo recordaba el interés que para el Estado tenía fomentar esta producción y los cursos de formación. Debía atenderse de acuerdo con su criterio a las reproducciones de obras artísticas, fiestas populares, trajes regionales, etc. Entre las firmas extranjeras recomendaba: Newton and Co. (Londres) y Radiguet et Massiot (París).

El Museo fue un verdadero agente dinamizador de determinados patrones de la política educativa, los más próximos a las tesis institucionistas, algo ya adelantado en el capítulo inicial. Una de las labores que contribuyeron a la difusión de este ideario fueron los cursos dedicados a las ciencias experimentales. De estos estaban encargados el geólogo Francisco Quiroga²¹; Ignacio Bolívar²², catedrático de entomología de la Universidad de Madrid, y Edmundo Lozano de las Cuevas, entre otros²³. Este último asumió las enseñanzas prácticas en 1913, si bien venía realizando estas tareas desde 1906 (García del Dujo, 1985, 184).

Desde el principio los responsables del Museo se esforzaron por ofrecer una imagen técnica del centro, que estuviese al margen de las disputas ideológicas, con el fin de lograr un consenso poco frecuente. Las instalaciones,

21 Quiroga fue nombrado en 1894 “Profesor de ciencias, encargado de los cursos experimentales” (*Gaceta de Instrucción Pública*, 25 de febrero de 1894), pero su fallecimiento se produjo ese mismo año (acerca de sus ideas pedagógicas, Bernal, 2001, 75-83).

22 Nombrado el 4 de junio de 1894.

23 También participó Luis Simarro como profesor ayudante del laboratorio de Antropología pedagógica. La composición de los cursos y el profesorado de los años 1890, 1897 y 1899 y 1910 podía consultarse en los anuncios de la prensa, por ejemplo: “El Museo Pedagógico de instrucción primaria ha comenzado sus cursos, conferencias y excursiones. Estas últimas se verifican los jueves para estudiar la historia de la civilización en los Museos de Madrid y están divididas en dos grupos: el primero, para señoras, que ha hecho ya dos excursiones, y el segundo para alumnos de la Escuela Normal, que empezará en breve” (*El Imparcial*, 1 de noviembre de 1890, 3); también en *La Correspondencia de España*, 9 de noviembre de 1897 (pág. 4), *La Época*, 4 de noviembre de 1898, 3, *El Liberal*, 12 de enero de 1899 y *La Correspondencia de España*, 31 de enero de 1910, n.º 18.982, 6.

los programas y los equipos representaban sin duda una contribución a este propósito. No obstante, estas pretensiones no fueron siempre asumidas por todos los sectores sociales. García del Dujo señala que las partidas presupuestarias sufrieron en algunas etapas notables desatenciones. En el ejercicio de 1885-1886, con el partido conservador en el poder, se redujeron las asignaciones destinadas a cursos, material y publicaciones (García del Dujo, 1985, 61-62). En general, según los estudios de Luzuriaga (1928), las reformas liberales en la educación sufrieron severas desatenciones en contextos políticos marcadamente conservadores, si bien nunca se difuminaron del todo.

4. Reactivación de los recursos y control estatal. Tercera fase del gabinete (1906-1930)

La salida de la atonía vivida en el intervalo 1886-1906 se produjo, al menos provisionalmente, por la intervención del Ministerio de Instrucción Pública, con una medida que representaba una novedad en la política del material científico. Por medio de una convocatoria extraordinaria se anunciaba la disposición de un fondo para su distribución entre los diferentes institutos. La primera circular se publicó en junio de 1906²⁴ y en ella se establecía la existencia de un crédito de 100.000 pesetas para la “adquisición de material científico de experimentación con destino a las Cátedras y Laboratorios de los Institutos de segunda enseñanza”.

Destaca en el texto de la convocatoria el término “experimentación”, una alusión que en principio comprende tanto los ejercicios demostrativos como los prácticos, realizados por los estudiantes (véase el Decreto de Chao de 1873). En los anuncios con una finalidad similar destinados a la enseñanza primaria no se emplea esa referencia, pero sí en los de las universidades. ¿Qué se pretendía conseguir en este marco normativo? El examen de la publicación de las deliberaciones para la concesión de un crédito a los establecimientos universitarios, donde se utiliza el mismo lenguaje que en la convocatoria de secundaria, nos puede ofrecer alguna clave para responder a la cuestión planteada²⁵. Allí se hacía público el informe de la comisión compuesta por el rector y los cinco decanos de la Universidad Central, formada con el propósito de analizar y responder a las peticiones realizadas por las diferentes universi-

²⁴ *Gaceta de Madrid*, 11 de agosto de 1906, 617. Gimeno, Presidente Instrucción Pública.

²⁵ *Gaceta de Madrid*, 89, 30 de marzo de 1905, 1202 y 1203.

dades españolas. Aunque la cantidad total solicitada era mayor, se aprobó la concesión de 150.000 pts. (finalmente se repartirían 200.000 pts.). El motivo preciso era, según el informe, contribuir a fomentar los “estudios experimentales”, es decir, “adquirir los medios más necesarios” para este fin, y así mejorar el “lugar que reclama nuestra ciencia patria”. Se afirma que todas las facultades tienen una base experimental, aunque cada una en una medida diferente: la que tiene un nivel más básico es la de Derecho y Letras; la más exigente es la de Medicina. Teniendo en cuenta estas referencias, así como el tono positivista del informe, el cometido de la convocatoria era contribuir a la adquisición de materiales para atender un amplio rango de tareas, desde comprobaciones, mediciones y observaciones hasta los ensayos efectuados en los laboratorios y otras dependencias. Es por tanto un uso más amplio que el meramente pedagógico, propio del entorno de la enseñanza primaria.

Pensamos que la reproducción en la convocatoria de secundaria de los términos usados en el informe obedece a la pretensión de reconducir el uso del material hacia propósitos que no encajaban en el discurso demostrativo-pedagógico de otros tiempos. Ahora se demandaban enfoques que se ajustaran a ensayos experimentales más precisos, compuestos no de ilustraciones de fenómenos, sino de comprobaciones y mediciones. De esta forma se reforzaba igualmente su condición de estudio preparatorio para el ciclo superior universitario.

Ahora bien, la limitación de la medida no permite aventurar cambios radicales inmediatos. En los primeros años, según las categorías establecidas, los institutos de secundaria que recibieron más fondos contaron con un presupuesto de 2080 pts.; el que menos, Palencia, 1.152 pts. De acuerdo con el trabajo de Leoncio López-Ocón (López-Ocón, 2014b), en el que se llama la atención sobre el interés de la circular de 1906, la consignación de las 100.000 pts. se mantuvo durante cinco años, hasta 1910²⁶.

Añadiremos algunos ejemplos que llaman la atención. El Instituto de Ba-

26 Teniendo en cuenta los detalles ofrecidos (López-Ocón, 2014b), el Instituto de Valladolid, por ejemplo, adquirió para el gabinete de física y química (solo uno de los varios gabinetes que podían mejorar su equipamiento): dos termómetros, un conmutador de Ruhmkorff, un galvanómetro vertical, un aparato para los experimentos fundamentales de las resistencias, “tipo del Ohm”, un puente de resistencias dividido en milímetros para la parte del profesor y en medios centímetros para la de los alumnos; un soporte para buretas y crisoles de gres. Además, se compraron cuarenta planchas murales zoológicas, modelos de anatomía clásica de Azoux y piezas para el gabinete de Agricultura, consistentes en este caso en instrumentos de medida y preparaciones microscópicas.

dajoz, con un presupuesto de 2080 ptas., solicitó para el gabinete de física y química, entre otras piezas, la adquisición de una brújula de inclinación y declinación, cuyo coste era de 375 ptas., un poste transmisor y un receptor, pequeño modelo, con resonadores y cohesor para experiencias de telegrafía sin hilos, cuyo coste era de 375 ptas. (López-Ocón, 2014b). Ambos eran aparatos demostrativos (el segundo, en particular, era un dispositivo tecnológico, ubicado con criterios imprecisos junto al material experimental), pero ¿por qué se pidió un aparato, en el caso de la brújula, con un coste tan elevado para hacer visibles unas propiedades²⁷fácilmente reproducibles mediante sistemas más simples y accesibles, según se reclamaba en las nuevas orientaciones? ¿Se necesitaba una elevada precisión para un objeto empleado en el aula? El debate, como vimos, sobre los cometidos del material educativo había comenzado algunos años antes, sin embargo, sus efectos aún no eran visibles.

En el año 1908 se establece el criterio del número de alumnos y el de las dotaciones recibidas en años anteriores para la distribución de las cantidades. De esta forma los institutos de Valencia, Cardenal Cisneros y San Isidro, los que más obtienen, reciben 4000 pts. Los siguientes, Murcia y Salamanca, 3.600 pts. (*Gaceta de Madrid*, 1908, 1042). En las convocatorias de 1909 y 1910 se mantiene el criterio, pero ha desaparecido del texto el término “experimentación”. ¿Qué ocurrió? ¿Se había eliminado una exigencia porque no se adaptaba a las condiciones reales de los gabinetes de secundaria o porque simplemente era inviable, dada la variedad de objetos en circulación y destinos? Se seguía empleando un concepto genérico, el de material científico, para una realidad compleja, pero su alcance descriptivo era ya escaso o nulo.

Un año después se crea, para ordenar y mediar en la política de adquisición de instrumentos, el Instituto de Material Científico, presidido por Ramón y Cajal.

En un trabajo sobre la instrumentación científica educativa en España (Ruiz-Castell, 2008) se asegura que el Instituto de Material Científico estaba llamado a ser un centro activo en la diseminación de las nuevas corrientes. ¿De qué manera, nos preguntamos, puede examinarse este cometido, el de la participación en supuestos proyectos renovadores? Los indicios de los nuevos procedimientos educativos, reflejados en los materiales, eran: para el pragmatismo y metodologismo, la promoción en las aulas de unidades didácticas con objetos sencillos, que permitieran la participación del estudiante en la

27 Diferencia del norte magnético y el geográfico o diferencia entre el campo magnético y la superficie horizontal terrestre.

comprensión de los principios mediante la construcción de artefactos; la realización de experimentos y ensayos para comprender los aspectos metodológicos y heurísticos; el manejo de instrumentos de observación-medición para igualmente adquirir las habilidades metodológicas, en particular las cuantitativas (termómetros, barómetros, básculas, aparatos registradores...).

Sin embargo, el Instituto era el resultado de una política destinada a la racionalización de los recursos, es decir, a la unificación y centralización de las compras dada la heterogeneidad existente y la falta de criterios de años anteriores²⁸. También se aspiraba a reducir las dependencias comerciales con otros países y a fomentar la industria nacional²⁹. En definitiva, era un organismo consultivo, que mediaba en las peticiones de los profesores, aprobando y censurando la adquisición de determinados aparatos, y acogiendo un taller para la reparación de los dispositivos empleados en los institutos y otros variados centros de enseñanza e investigación (*Gaceta de Madrid*, 315, 11 de noviembre de 1911)³⁰.

En los documentos oficiales publicados no aparecen alusiones a los criterios empleados en la aprobación o rechazo de los objetos solicitados. Hemos examinado relaciones de instrumentos de los años 1912, 1913 y 1915 que no permiten por el momento encontrar esos sesgos. Es posible que algunos se excluyeran por su coste o por su complejidad (el banco de Melloni, la máquina de Atwood, la bomba neumática clásica...). En otros casos vemos cómo el presupuesto disponible se agota prácticamente en la compra de un “aparato de proyecciones, con los accesorios”, con un coste de 3.000 ptas. (Instituto Cardenal Cisneros) o la mitad del mismo en un microscopio y un modelo de máquina de vapor, con un coste, entre las dos piezas, de 1.163 ptas. (Instituto de San Isidro). Pero faltan datos para establecer conclusiones. Podemos sin embargo destacar algunas observaciones que aparecen en los informes aprobados del Instituto que nos resultan de especial interés. Se repite al descartar algunos aparatos, como la máquina neumática, la indicación de que se sustituya por un modelo más sencillo. También se aceptan en el caso del Instituto de Zamora los siguientes tipos de piezas: para la cátedra de Agricultura, un

28 Sobre todo, tras las convocatorias gubernamentales existentes desde 1906 (*Gaceta de Madrid*, 77, 18 de marzo de 1911, véase especialmente la exposición de motivos); a esta política corresponde igualmente la creación del Negociado técnico de información, dependiente de la Dirección de primera enseñanza, en 1913.

29 Asuntos prioritarios también para Cajal, según se recoge en el Post Scriptum de *Los tónicos de la voluntad*, ed. López-Ocón (2016, 239-253).

30 Sobre la composición del Instituto, vocales y cometidos, Romero (1998, 359-386).

microscopio, “modelo llamado de estudiante (Leitz o Reichert) y accesorios” y para la cátedra de Física y Química, “material corriente de trabajo para prácticas de los alumnos”. Las referencias seleccionadas son solo unos ejemplos que apuntan a la tendencia hacia la simplificación del material para mejorar su adecuación a los objetivos programáticos y su accesibilidad por parte del alumnado. Pero concluir a partir de estos indicios que se ha producido un cambio de tendencia sería algo ciertamente aventurado.

Ruiz-Castell (2008) afirma que el taller del Instituto tenía dos limitaciones, una de ellas relativa a la fabricación de instrumentos, ya que sus labores no podían representar una competencia seria para las casas privadas establecidas ya en España. La otra, con los objetos que salían de ese taller. En su mayoría tenían más relación con los intereses de los miembros de la institución y las investigaciones particulares que con la instrucción de los estudiantes. Tampoco, según este estudio, se derivó una contribución significativa a la reducción de la dependencia extranjera, debido a que se seguían adquiriendo piezas a otros países, tal y como aparece en las referencias de los listados aprobados del Instituto de Material³¹. Sin embargo, estos aparatos podían estar disponibles a través de los distribuidores españoles. Algunos, como se puede comprobar, corresponden a la casa Kohl, cuyo representante en España era Viuda de Aramburo. La Universidad Central, por ejemplo, realizó numerosas compras a esta tienda-almacén a través del Instituto, lo que sin duda representaba una contribución a su prosperidad³².

La medida que hemos destacado aquí, recogida en la circular de 1906, que respondía en parte a quejas de los catedráticos formuladas un año antes de su adopción³³, se sumaba a las consignaciones ordinarias de los institutos, sometidas a las irregularidades habituales. En el Instituto de Guadalajara³⁴ y

31 Difícilmente el Instituto con la nómina de empleados que tenía podía competir con las grandes instalaciones de alcance global que existían en esos años; su influencia como apuntamos fue indirecta.

32 González de la Lastra y Martín (2000, 50).

33 Véase Martínez (1999, 225).

34 En el apartado ordinario se compró material para las cátedras de Gimnasia, Dibujo, Física (1 acumulador Dary, de dos elementos, 2 kg de cloruro amónico, un par de tenazas, 3 alicates, un alambre, 2 martillos, una llave inglesa, 4 colas de ratón y 4 limas, 1 compás de llave, 1 sierra, 2 barrenas, 1 cubo de zinc, 1 frasco de Sidel...; también se aprobaron reparaciones en máquinas neumática, prensa hidráulica y bomba aspirante e impelente); también se abonaron los gastos de frascos, embalaje y transporte de una colección de 171 especies de animales marinos, formada en la Estación de Biología de Santander; Para el

en el de Logroño³⁵, por ejemplo, se diferenciaba entre una y otra.

De igual manera, el Instituto de Badajoz, por añadir un ejemplo más, empleó ambas consignaciones para reforzar los diferentes gabinetes. En este caso, con la ordinaria se adquirió material de matemáticas, de física (donde se incluía el correspondiente al observatorio de meteorología) y de historia natural. El extraordinario se empleó especialmente para el material dedicado a la proyección³⁶. El siguiente curso se mantienen las provisiones de material científico. Llamamos la atención sobre el comentario añadido en el apartado sobre su situación económica, en el que se reconoce que el centro se encuentra en un momento moderadamente desahogado, aunque las cantidades para material sean “relativamente exiguas”³⁷:

El estado económico de este Instituto, aunque modesto, no es precario. Pagadas por el Estado con religiosa puntualidad las atenciones de personal y material de todas clases, todavía se consignan, de algún tiempo á esta parte, las cantidades extraordinarias para la adquisición de material científico. Aunque aquellas cantidades sean relativamente exiguas, permiten ir aumentando, paulatinamente, los materiales de Gabinetes y Laboratorios de experimentación, y cuando éstos se hallen debidamente instalados, habrá elementos para dar las enseñanzas técnicas con el carácter práctico que les es indispensable.

Las consultas de muestra representativas indican que admitiendo que las cantidades para adquisición de material fueron modestas, que hubo situaciones de desatención y de precariedad por la ausencia de instalaciones y otros motivos en algunos casos, en general los institutos de secundaria dispusieron de instrumentos y aparatos para dedicarlos a fines diversos, que examinaremos en otro lugar. Hay que tener en cuenta, además, que en esos años el

crédito extraordinario (2080 ptas. disponibles) se reservó para la adquisición de modelos botánicos, 35 aparatos de física, cuadros murales, una sembradora de mano, un cortacésped de jardín y una lupa para la clase de Agricultura, Memoria (curso 1907-1908, 11 y 12).

35 Idéntica distinción se establece en el Instituto de Logroño. En este caso, el crédito extraordinario (1436 ptas.) se destinó a la cátedra de Geografía (mapas), a la de Física (barómetros, termómetros, aparatos de química...) e Historia Natural (demostradores de las conversiones en la respiración y transpiración, 88 fotografías para el aparato de proyecciones...). En cuanto a la consignación ordinaria, que se recibe trimestralmente, se compraron numerosas piezas para el laboratorio de química; para el aula de proyecciones, una lámpara Meteor y 168 fotografías, y para el gimnasio un espirómetro de Phoebus y un dinamómetro de Mathieu, Memoria (curso 1906-1907, 9 y 10).

36 Memoria (1907-1908, 56-57).

37 Memoria (1908-1909, 8).

número de aparatos empieza a ser un criterio secundario para calificar la eficiencia de un gabinete.

Con las evidencias disponibles, podemos concluir que se mantienen procedimientos clásicos junto con una moderada apertura a metodologías más selectivas que potenciasen la adquisición por los estudiantes de habilidades experimentales. Pero su fomento y consolidación no dependieron de la adquisición de instrumentos o de su acumulación. Las realidades materiales se insertan en procesos y rutinas en las que van adquiriendo significado (y a los que contribuyen a legitimar, consolidar y difundir, como veremos). En el marco contemplado, el cumplimiento de un programa, el sistema de calificación por medio de un examen memorístico y los intereses de los docentes otorgaba un sentido al uso de los aparatos. Era, al menos en el espacio del aula, más un dispositivo demostrativo que analítico. De ahí que cuando cambian las estrategias pedagógicas en las aulas, caso en el que se enmarca el ensayo de los Institutos-Escuela, como se observará a continuación, se prescindiera de los métodos de la escuela tradicional y se consideraran más importantes los procedimientos guiados por los profesores que por los aparatos. En este caso, pues, es oportuno mencionar la conclusión del historiador Iwan Morus: mejor un buen profesor y un mal instrumento que un mal profesor y un buen instrumento (Morus, 2006, 601).

a. El objeto ausente: el experimento del Instituto-Escuela

Los nuevos planteamientos pedagógicos, aplicados en los Institutos-Escuela promovidos por la Junta para la Ampliación de Estudios, alteraron los procedimientos habituales que se seguían en la apropiación material de los instrumentos.

Uno de los primeros datos que llaman la atención de estos centros es el desinterés hacia la acumulación de variados artilugios y la formación de ampulosos gabinetes. En principio, la contemplación del objeto en la nueva perspectiva queda relegada a un lugar secundario y la manipulación del mismo queda subordinado a un plan de trabajo con unos medios y objetivos definidos. Se pretende así cumplir con lo establecido en el Reglamento de los Institutos-Escuela, en el que se determina la prioridad del trabajo manual (lo activo frente a lo contemplativo), del experimento y de “todas las formas de correlación entre el hacer y el pensar”³⁸. Subsiste, al observar este ideario,

38 JAE (*Memoria*, 1918-1919, 1920, 222).

un dilema: ¿eran las propuestas pragmáticas y activas un recurso para mejorar la asimilación de conocimientos en la era de la expansión del sistema protoindustrial, con sus demandas propias de saberes técnicos, o era una enseñanza específicamente diseñada para la asimilación de los procedimientos científicos reales?³⁹ Quizás no se trate de opciones excluyentes⁴⁰. En los reglamentos, en los apartados relativos a los medios y métodos⁴¹, se insiste en la observación directa, en la práctica, en los ejercicios del taller y laboratorio, en las visitas... Se trata por tanto de una reproducción de los discursos del Museo Pedagógico, donde se han eliminado las alusiones a aparatos, instrumentos y recursos materiales (si bien se sobrentiende que en este caso deben reemplazarse por útiles sencillos y familiares, siempre huyendo de lo artificioso y abstracto).

La vida mostrada en las memorias del Instituto-Escuela de Madrid, desde el curso 1918-19 hasta el curso 1931-32, refleja unos modestos resultados en las metodologías innovadoras empleadas en las aulas de bachillerato donde se impartía la Física y la Química. Se reconoce la impartición de la segunda disciplina mediante ejercicios de laboratorio, algo que aparentemente gozó de cierta continuidad. También la disposición de horas para los trabajos manuales, así como la realización de numerosas visitas y excursiones. Hasta el curso 1925-26 no se activa uno de los apartados propios de la nueva pedagogía: la participación estudiantil en la fabricación de aparatos. En la sección de trabajos manuales de la memoria se afirma: “En el taller de carpintería se ha iniciado la colaboración con las clases de Física, trabajando los niños en la confección de algunos utensilios y aparatos”⁴². Los resultados de estas tareas se pudieron comprobar en una exposición, compuesta de aproximadamente

39 En la enseñanza matemática, se dice: “comenzará con ejercicios de cálculo mental y escrito, debe poner las leyes abstractas de la cantidad al servicio de las necesidades cotidianas y de los problemas técnicos; pero paralelamente a esa dirección aplicada, ha de educar la mente del niño para la lógica pura del número y del espacio”; para la enseñanza de la Física y la Química, “familiarizar a los niños con las leyes de la materia, mediante manipulaciones en que sensiblemente se revelan”; “aclararles mediante experimentos, los procesos de los fenómenos naturales y de los productos industriales más corrientes”; “abrir en su espíritu la visión lejana de los grandes problemas científicos que en ese orden tienen ante sí la humanidad” (JAE, *Memoria*, 1920, 242).

40 Hemos analizado en otro lugar la influencia del modelo tecnológico en estos planteamientos pedagógicos: Guijarro y González de la Lastra (2013).

41 JAE (*Memoria*, 1920, 239-243).

42 JAE (*Memoria*, 1927, 411).

90 aparatos correspondientes a los modelos que aparecían habitualmente en los manuales de física. Se cumplía así con uno de los requisitos del nuevo plan de la pedagogía científica. Según se aclara en la nota que precede a la relación de los dispositivos, no se trata de un material científico, propio de un gabinete, sino de obras cuyo valor consiste en que se han realizado por los alumnos.

En este capítulo se ha comprobado que las acciones que favorecieron el acopio de material en los gabinetes dependieron de dos factores: las medidas específicas aprobadas por los gobiernos y el interés de determinados profesores, como Santisteban (San Isidro), Olayo Díaz (institutos de Segovia y Murcia), Reymundo (Instituto de Canarias), Morón (Granada) y López Gómez (Valladolid), por señalar casos representativos. La influencia, por tanto, de las legislaciones de secundaria aprobadas o del signo político de las administraciones fue al menos en los ritmos de las adquisiciones nula, a pesar de las afirmaciones de García del Dujo en relación con el Museo Pedagógico Nacional.

La irrupción del Museo en el escenario educativo fue relevante por las labores de proyección social y asesoría que desempeñaron en relación con las propuestas pedagógicas que defendían, en particular en el marco de la redefinición del significado y uso de los objetos científicos. Unos propósitos que afectaban a la relación de las diferentes instituciones con la industria de instrumentos científicos, cuyos modelos y productos no se adaptaban a las nuevas perspectivas: ahora el constructor debía ser el estudiante, no la casa comercial. Pero en nuestro recorrido se ha observado que las adquisiciones en diversos casos seguían respondiendo al paradigma clásico, aquel que justificaba la compra de un telescopio con un coste elevado solamente por sus virtudes demostrativas. Por eso, como vimos en capítulos anteriores, algunos docentes reclamaban el interés de una “ciencia sin aparatos” como una propuesta provocativa e innovadora.

Las alusiones críticas de Picavea son síntomas de un modelo pedagógico que está atravesando un proceso de renovación. Los tímidos ensayos vinculados a las propuestas novedosas en algunos centros, especialmente en las primeras décadas del siglo XX, señalan que se entró en un periodo ecléctico en el que se combinaban ideas clásicas con alternativas regeneradoras. Una consecuencia de este cambio es que poco a poco el número de aparatos acumulados iba dejando de considerarse un indicador de una formación científica adecuadamente orientada.

CAPÍTULO 5

PROFESORES, INSTRUMENTOS Y FORMAS DE VIDA ACADÉMICA

1. Introducción: apropiación intelectual

En este capítulo examinaremos una segunda dimensión de la acción docente. En la apropiación material se establecía una dinámica conducida por el proveedor de la nueva tecnología y por la Administración; en ella el control era externo y jerárquico. Pero se ha visto que el profesorado disponía de espacios de intervención en estos procesos. Estas últimas acciones son vitales para la apropiación intelectual, guiada ahora por los propósitos, representaciones mentales, competencias y contextos existentes en la situación de trabajo del receptor de los materiales¹. Mediante esta distinción nos aproximamos a una comprensión más precisa de los hábitos y rutinas que se crean en las prácticas materiales, teniendo en cuenta el margen con el que contaba el profesor en el desempeño de su actividad docente.

Coincidimos con el historiador de la educación Ruiz Berrio en que la existencia y promoción hacia el exterior de dependencias específicas en los institutos (gabinetes, observatorios astronómicos, jardines...) pone de manifiesto que estos establecimientos no se concibieron como entidades encerradas en sí mismas, sino que los docentes contaban con espacios para ejercer otras actividades que afectaban a su proyección social (Ruiz Berrio, 2008). Cita como ejemplo de esta dimensión pública de los centros el Instituto Cardenal de Cisneros de Madrid y su jardín botánico².

La contribución de estos centros y dependencias a la dinamización cultural en los lugares de asentamiento es un tema de interés innegable y de gran alcance; sin embargo, aún se desconocen muchos detalles sobre cómo se llevaron a cabo esas aportaciones. Muchas tienen lugar mediante acciones

1 En la adaptación/apropiación material, por último, se destaca el papel de la memorización en la transmisión del conocimiento; en la apropiación intelectual se apela a la reelaboración de lo aprendido (Guijarro y González de la Lastra, 2015, 20).

2 Sobre el jardín, compartido con la Facultad de Ciencias de la Universidad Central, se ha afirmado que se había transformado en Escuela de Botánica, al frente de la cual se encontraba el catedrático de Historia Natural Manuel María José de Galdo, dedicado entre otros cometidos a recoger plantas con sus alumnos de los alrededores de Madrid y a regalar plantas medicinales a los pobres, Rodríguez (2009).

individuales de los profesores y como resultado de la presencia del propio centro en actos públicos e institucionales, como, por citar uno de los más destacados, las exposiciones nacionales e internacionales, a las que aludiremos más adelante.

Ser catedrático significaba asumir, además de los signos externos relativos al vestuario y uso de símbolos, una autoridad en el aula y fuera de ella, en el entorno en el que se ubicaba el centro. En este sentido, el profesor con esta categoría era, según Mainer, “un erudito local o, incluso, regional, [un] reconocido hombre de letras, asiduo colaborador de prensa, publicista y aun editor, socio de Casino y Ateneo, tertuliano de café, cronista oficial, jurado de Juegos Florales de toda laya [...]”. Y en cuanto a sus orientaciones políticas, en términos generales, “los catedráticos de instituto [...] exhibían una ideología liberal netamente conservadora y de acendradas convicciones católicas, salvo excepciones” (Mainer, 2011, 116)³.

Esta es la imagen general del profesor. Pero en esta parte atenderemos a las tareas, proyectos y espacios en los que la presencia del objeto científico es relevante y en los que se observan los detalles, dificultades y resistencias específicas derivadas del uso rutinario de los artefactos. Estos pormenores, que contribuyen a la apropiación intelectual del material obtenido, exigen cambios tanto en el objeto original como en el sujeto, que adquiere nuevos hábitos. En estas líneas, por tanto, mostraremos contextos en los que se va definiendo la esfera de uso de un instrumento. Estas situaciones se generan en la formación y ordenación del gabinete; en la atención a las novedades en exposiciones, que requiere la realización de desplazamientos a otras ciudades

3 En los discursos de apertura de los años académicos los directores reconocían su interés hacia los avances que se producían en el mundo científico y tecnológico. De esta forma mostraban su coincidencia con las demandas del progreso y con su voluntad de hacer una aportación a la difusión del conocimiento. Pero todo este saber -subrayaban- debía mantenerse en los contornos establecidos por los principios morales y religiosos, alejado de materialismos, ateísmos y vilezas, así como también del escolasticismo; por ejemplo, véase el discurso de Angel Guirao Navarro, director del Instituto de Segunda Enseñanza de Murcia, pronunciado en la apertura del curso 1859-60 (*Memoria del Instituto Provincial de Segunda Enseñanza*, Murcia, 1860, 20, 23-24) y de Manuel Mamerto de Heras, director del Instituto de Segunda Enseñanza de Guadalajara, apertura del curso 1868-69 (*Memoria del Instituto Provincial de Segunda Enseñanza*, Guadalajara, 1869, 8). Para un estudio en profundidad sobre la imagen del profesorado, así como de sus intereses, enmarcado en el mundo del Instituto de Segunda Enseñanza de Valencia, Sirera (2011, 115-254).

y países; en la conversión del profesor en un promotor de nuevos instrumentos; en la participación del centro en planes estatales científico-técnicos (implantación nacional del sistema métrico decimal, de la red meteorológica y la recolección de datos antropométricos) y en la elaboración de los manuales con alusiones a los aparatos, teniendo en cuenta las innovaciones, la pedagogía memorística dominante y la evaluación basada en exámenes. Para el siguiente capítulo reservamos, dada su amplitud y unidad, las consideraciones en torno a la presencia del objeto en el aula y la gestión de las demostraciones.

Comprobaremos mediante estas evidencias procedentes de varios centros la diversidad de labores de los profesores y especialmente la naturaleza del trabajo de traducción y transformación de las novedades, es decir, cómo se consiguió la viabilidad de las adquisiciones materiales en el aula y en otros entornos. Unas tareas menos previsibles de lo esperado, llevadas a cabo dentro de las condiciones impuestas también por el número de estudiantes, por la disposición de los bancos y asientos y por el material que se recibía de forma discontinua. Así, una vez negociados y resueltos los problemas de apropiación de un dispositivo, nos preguntamos cuál es su uso en los nuevos contextos.

2. La ordenación del gabinete: del almacén al museo

Hasta 1852 no se incorpora al *Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua* (DRAE) una acepción de “gabinete” que ya se llevaba empleando durante varias décadas. Ese año se añadió al término el siguiente significado: “Colección de objetos curiosos, para ostentación, ó para estudio de algún arte ó ciencia. GABINETE de historia natural, de física”⁴. Este significado se mantiene al menos hasta la edición del DRAE de 1925. Correspondía, en parte, al uso que encontramos por ejemplo en la obra de Jean Antoine Nollet, *Leçons de physique expérimentale* (1743, p. XIV): “L’Academie Royale des Sciences & Belles Lettres de Bordeaux, s’est aussi meublé depuis quelques années un beau Cabinet de Machines & d’Instruments de Physique [...]» En el diccionario español se añadía el matiz de la ostentación, a la que –pensamos– debía atender el docente, además de a la organización y cuidado de las piezas en una estancia que contaba con un interés singular.

Había entonces que acondicionar un espacio que debía dejar de conside-

4 INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN RAFAEL LAPESA DE LA REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (2013): *Mapa de diccionarios* [en línea]. < <http://web.frl.es/ntllet>,> [Consulta: 03/10/2017]

rarse un almacén para convertirse en un museo, una estancia pública que contribuía a la identidad del centro. Así, por señalar unos ejemplos, el gabinete del Instituto de San Isidro (véase la fig. 9) estaba dispuesto tras la intervención de los profesores de la siguiente manera (Universidad Central, 1856-1857, 191-193):

Tiene comunicación inmediata con la cátedra donde se dan las explicaciones de Física y elementos de Química, y se encuentra perfectamente dispuesto, tanto para conservar los aparatos é instrumentos de la enseñanza experimental de aquellas ciencias, como para la preparación práctica de las lecciones.

El gabinete se compone de tres piezas; en la primera (que por ser de mayor extensión que las otras dos constituye su salón principal) se hallan ordenadamente colocados, en estantes cubiertos con grandes cristales, los instrumentos necesarios para el estudio de las nociones de Mecánica en sus secciones de Estática y Dinámica de los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos. En esta sección se conservan como modelos de construcción española, aunque antigua, algunas de las máquinas construidas por el hábil artista D. Celedonio Rostriaga, sobre los planos de Gravesande y Desaguliers.

En el mismo salón se hallan colocados los aparatos mas importantes para el estudio de las acciones moleculares y de la acústica

[...] se puede desde la cátedra hacer funcionar alternativamente, siempre que se quiera, los telégrafos que están colocados en ella, y las campanillas del llamador que existen en el Gabinete con los hilos mencionados dispuestos convenientemente, y enlazandose con otros que a su vez lo están con un aparato inductor de Ruhmkorff (del cual se sirvió por primera vez el Coronel de ingenieros D. Gregorio Verdú para dar fuego á las minas militares por medio de la electricidad), se consigue inflamar en el jardín del edificio, y á la distancia de 100 metros, los cabos que servirían en su caso para hacer volar las minas. [...]

Unos años más tarde, Santisteban (1865, 10) afirmaba:

La buena disposición dada al gabinete permite que los alumnos entren en él por medio de una papeleta a estudiar las lecciones teniendo a la vista todos los aparatos dispuestos de tal modo, que puedan examinarlos completamente y comprender las descripciones del libro de texto y los experimentos.

Y en 1866 relata el catedrático de Física y Química de San Isidro los cambios efectuados para mejorar las condiciones del establecimiento (Santisteban, 1866, 9): “La estantería antigua, cubierta de gruesas y oscuras maderas, y de un espeso enrejado de alambre que ocultaba los aparatos, ha sido reemplazada por otra más elegante con hermosos y claros cristales”.

En la *Breve historia* escrita por el mismo profesor (1875, 177-213), el ga-

binete se presenta dividido en tres salas. En la primera sala se ubicaban los instrumentos que habían formado parte del gabinete hasta 1834, y son descritos como “Instrumentos de Física y Química antiguos”. En la segunda sala se alojaban las piezas adquiridas desde 1834 hasta 1878; son los “Instrumentos de Física y Química modernos”. En la tercera sala, por último, están los “Instrumentos y aparatos de Química”. En esta distribución se combinan tres perspectivas: la histórica, la epistemológica y la administrativa. La primera alude a la transmisión de las ideas sobre el progreso del conocimiento y sobre la comparación de lo antiguo y lo moderno; el siguiente enfoque está relacionado con el orden temático de presentación de los contenidos, que comienzan con las referencias a las propiedades de los cuerpos y continúan con la mecánica y otros temas entre los que existe una relación que transita de lo general a lo particular⁵; el último permite a Santisteban mostrar las contribuciones realizadas al aumento de la colección⁶.

Leonor González afirma sobre el gabinete en general:

El hecho de que estos instrumentos estuviesen guardados en vitrinas accesibles a los estudiantes únicamente cuando el profesor los mostraba en sus explicaciones, les otorgaba un estatus y un valor simbólico: eran objetos destacados que representaban la posesión de la ciencia, de la técnica, de la modernidad [...] Los instrumentos se exponían, se exhibían, y el alumno recibía el mensaje sutil de que eran objetos importantes y valiosos, y que por lo tanto también lo era aquello que representaban (González de la Lastra, 2013, 130).

5 El orden en los armarios mantenía una correspondencia con las materias estudiadas en el programa: “propiedades físicas de los cuerpos”, “estática”, “dinámica”, “hidrostática”, “hidrodinámica”... “El gabinete de Física y Química” (VV.AA, 1996).

6 En los años 1920 el proyecto del museo seguía activo. De esta dependencia decía el alumno Ezquerro Abadía que “Es de notar que en él [el gabinete] se conservaban aparatos de la época del colegio Imperial y de los Reales Institutos, por lo cual constituye un pequeño museo científico, pensando que en Madrid no se ha logrado aún fundar un museo de la Ciencia” (Gavira, 1973). En 1929 se asignó una plaza de “Conservador de los gabinetes del Instituto de San Isidro” a Elena Paunero Ruiz, quien ya había ocupado un puesto similar en el Instituto Cardenal Cisneros (Real orden de 25 de marzo de 1929, *Gaceta de Madrid* de 15 de abril de 1929, 105, p. 259). Paunero (1906-2009) fue alumna de San Isidro y posiblemente la primera mujer que ejerció tareas docentes en el centro, aunque no contara con nombramiento oficial; fue ayudante interina de la asignatura de Historia Natural y después ayudante numeraria en la sección de Ciencias en 1930 y 1935. También fue profesora en el Instituto Lope de Vega y desempeñó una importante labor en el Jardín Botánico de Madrid (más detalles en Fernández Burgueño, 2013).

En el Instituto de Palencia se registran en las memorias la construcción de dos mesas de pino para instalar estaciones telegráficas, así como una gradilla para el armario destinado a la cátedra de Matemáticas, donde se ubica la colección de sólidos geométricos (Memoria, curso 1862-1863⁷, 12). El profesor Luis Olbés, por ejemplo, como secretario del Instituto de Córdoba, hace constar en la Memoria del curso 1901-02 que se han realizado obras diversas en las dependencias del centro, entre ellas en el gabinete de Física, empleado en este caso para ordenar las piezas y como complemento de las clases ordinarias⁸.

El gabinete era también una de las dependencias que contribuía a la proyección social del centro, así como a la difusión pública de la ciencia. Hay diversos ejemplos del interés que estas instalaciones generaban entre las autoridades locales y nacionales. En Murcia, en 1875 el alcalde dirigió una solicitud al Instituto de la ciudad para que las colecciones permanecieran abiertas al público. Una vez atendido el requerimiento se abrió en un horario que abarcaba unas horas por la mañana y otras por la tarde. Parece que el éxito y la concentración de personas obligaron a tomar medidas que garantizaran la seguridad del establecimiento (López Fernández, 2001, 68-69).

En la concepción de estas dependencias tuvieron una gran importancia las exposiciones universales, unos escaparates dedicados a mostrar la fortaleza de una cultura medida en términos materiales. Agustín Escolano muestra la correlación entre esos acontecimientos y los fenómenos museísticos escolares. Hay que tener en cuenta que los gabinetes en los que se reunían objetos científicos y técnicos eran instalaciones ilustradas, pero la coincidencia de las exposiciones internacionales y “universales” con la creciente expansión de los fabricantes de instrumentos representó una reinterpretación de las colec-

7 Memoria leída en la inauguración del curso 1862-1863, Palencia, 1862.

8 Pueden añadirse otros ejemplos, como los de Luis Buil, profesor de Física y Química en el Instituto de Huesca entre 1902 y 1921; en la hoja de servicios se dice: “Testimonio del Sr. Director del Instituto de Huesca, el cual hace constar que ha visto con agrado el arreglo de los gabinetes de Física y Química, que demuestra una laboriosidad y celo del señor Buil, dignos de tener en cuenta, y que le ha contemplado constantemente como obrero manual, transformando aparatos destruidos o inservibles, en otros que funcionan con perfecta seguridad, cual si hubiesen sido adquiridos nuevamente” (Madariaga y Valbuena, 1971, 237; véase Archivo Central del Ministerio de Educación y Ciencia (ACMEC), Legajo 5629-8. Hoja de servicios, 3-1-1912). También destaca como organizador del material del gabinete, Fernando Díaz Guzmán, en el Instituto de Reus (véase ACMEC, Legajo 5669-11. Hoja de servicios, 13-5-1912).

ciones de aparatos. Como representantes de la modernidad encarnada en los certámenes mundiales, añadieron un rasgo de excelencia a las series de artefactos, cuya proximidad a la ciencia mejoraba la imagen de unos productos que tenían un origen industrial poco atractivo⁹.

En una obra dedicada a estos establecimientos (Carrillo et al, 2011, 25 y ss.) se afirma que el momento fundacional de los museos pedagógicos se sitúa en la segunda mitad del siglo XIX, cuando, en sintonía con lo señalado anteriormente por Escolano, se inaugura la exposición permanente dedicada a material pedagógico en el South Kensington Museum de Inglaterra (1857). El periodo de efervescencia de los mismos según se indica allí se sitúa entre 1878 y 1931 y se señala como propósito vinculado a su creación la proyección de diversos valores, como la musealización holística de la colección (su concepción como un todo o un conjunto vinculado a valores regionales o nacionales) o su contribución a la formación pedagógica. Junto a estos motivos la exposición de material científico sirvió a la consolidación de un discurso histórico que miraba al pasado no por su interés intrínseco sino por su continuidad con el presente, con los grandes logros que pueden celebrarse al contemplar los artificios humanos actuales. Conservar una determinada pieza significaba mantener el hilo que conducía desde los tiempos remotos hasta el gran momento de nuestros días, una acción que permitía advertir cómo se habían superado innumerables dificultades técnicas intermedias. De ahí que, como se verá en el siguiente capítulo, las demostraciones tengan el propósito

9 [...] en esta fase de despegue y consolidación de los sistemas educativos nacionales, los museos pedagógicos se nutrieron de los objetos, las imágenes y los textos que habían sido exhibidos en público previamente en las Exposiciones Universales, desde la de Londres, celebrada en 1851. En las muestras del siglo XIX y primeras décadas del XX, las tecnologías emergentes de la nueva escuela venían a ser un símbolo del nivel de modernidad que los sistemas de educación iban alcanzando en los respectivos países y hasta un indicio del grado comparativo de progreso de cada uno de ellos. En otra perspectiva, tales materialidades abrían el mundo de la escuela a los procesos de tecnificación que se estaban operando en otros órdenes de la vida, y hasta generaban interacciones entre los administradores, los creadores de los medios y las empresas que los producían. Otras representaciones mostraban realidades mucho más tradicionales./Las Exposiciones eran al tiempo, en la era de las revoluciones liberal-burguesas que potenciaron la competitividad en los mercados y postularon como discurso básico la idea de progreso, espacios para el cotejo de naciones, una especie de caleidoscopio internacional en el que los pueblos competían, se observaban, aprendían [...]/La tecnología de la enseñanza que mostraron las Exposiciones universales se insertó en el ciclo industrial, reforzado por el positivismo, y en la lógica económica y la moral del eficientismo [...]" (Escolano, 2011/2012, 158; Escolano, 2009).

de ofrecer pruebas históricas, que muestran la vigencia de determinadas leyes y propiedades descubiertas en otras épocas.

Este último modelo de museo, propio de los gabinetes, contrastaba con el que se quiso impulsar desde el Museo Pedagógico Nacional, orientado especialmente a la enseñanza primaria y a las escuelas normales, aunque tuviesen variadas aplicaciones. Cossío señala cuáles son sus cometidos y el propósito al que deben responder, según el informe dirigido en 1913 a la Dirección General de Primera Enseñanza, cuyo responsable era Ruiz Giménez¹⁰.

En definitiva, de los valores simbólicos propios del museo clásico se pretendía transitar hacia los productivos, hacia una pedagogía efectiva y transformadora de individuos y sociedades.

3. Viajes y exposiciones

Las aportaciones e ideas de los docentes se hacían visibles en las exposiciones, los actos sociales que permitían el contraste público de las novedades. En la Exposición Universal de Londres de 1851 (*The Great Exhibition of the Works of Industry of All Nations*) se impulsó la proyección internacional, entre otros, de los materiales empleados en la difusión de la ciencia. La sección 10 estaba dedicada a “Los instrumentos filosóficos¹¹ y los procesos que

10 Los museos escolares no son entidades establecidas y definidas por los fabricantes de materiales, sino dependencias activas dependientes de la participación de maestros y alumnos. Así, deben crearse con las aportaciones de: objetos procedentes de las propias casas de los alumnos (muestras de madera, de granos, productos, objetos manufacturados...); de las excursiones, tanto ejemplares naturales como industriales; donativos de elementos de la comarca, teniendo en cuenta las peculiaridades de cada uno de los entornos, agrícolas e industriales./Deben crearse museos-tipo, vinculados a las escuelas normales, destinados a la formación de los maestros para que conozcan los procedimientos de uso del material, así como de su producción. Por ello los fondos del centro acogerán los objetos elaborados por los maestros y estudiantes. “No es, por tanto –afirma–, material hecho lo que en términos generales conviene a la Escuela, sino materiales para ir fabricándolo en el proceso gradual de la enseñanza”. Se descartan de esta manera los “mecanismos ingeniosos” empleados para facilitar o abreviar la enseñanza, ya sea por medio de juegos infantiles o por aparatos complicados (*Gaceta de Madrid*, 192, 11 de julio de 1913, 85-88).

11 Recordemos que los instrumentos filosóficos comprendían los que se empleaban habitualmente en las demostraciones relacionadas con los campos de la filosofía natural, la química, la astronomía...; estaban dedicados al estudio de la naturaleza y se diferenciaban de los que formaban parte de las aplicaciones técnicas, los topográficos, náuticos, matemáticos, etc.

dependen de los mismos”. Entre los expositores de esta sección no figuraba ningún español ni tampoco en el resto de secciones, dedicadas a productos diversos¹².

Pocos años más tarde de que se establecieran en estos escaparates internacionales las secciones dedicadas explícitamente a los “métodos y material de enseñanza” (desde 1862, en Londres), profesores, investigadores e ingenieros españoles habían empezado a acudir a estos acontecimientos. En España, fue el Ministerio de Fomento el que, después de las ausencias en la exposición londinense de 1862, intervino para animar a particulares y colectivos a que aportaran sus productos. El pedagogo español Mariano Calderera, de igual manera, consideró inapropiada una actitud que él atribuía a complejos de la sociedad española frente a otras naciones. Como respuesta, en una de sus publicaciones describió los materiales que podían haber formado parte de ese certamen¹³. Estos hechos sirvieron de estímulo para la participación en las siguientes reuniones internacionales (Pozo, 1983, 165-172).

En la Exposición Universal de París de 1867, bajo el nombre de “materias y aplicaciones de las artes liberales”, se ubican diferentes clases de objetos que corresponden a aparatos e instrumentos de medicina y de educación física (clase 11), y también instrumentos de precisión y material de enseñanza de las ciencias (clase 12), donde se disponen instrumentos de geometría práctica, material de diversos observatorios, aparatos de física y de meteorología, modelos e instrumentos destinados a la enseñanza de la tecnología en general... (Carrillo et al., 2011, 45 y 46). Aquí encontramos ejemplos de expositores españoles. De igual manera, Santisteban había solicitado el 28 de mayo de 1867 permiso para una estancia de dos meses en la capital francesa, alegando el deseo de estudiar en la Exposición de París “los adelantos que en los últimos años se hayan hecho en Física y Química, como medio de enseñanza en las asignaturas análogas a las que desempeña el profesor que suscribe en el referido Instituto”¹⁴.

También existió interés por la Exposición Universal de Viena de 1873 (dos meses después de la proclamación de la Primera República en España), la

12 *Official Catalogue of The Great Exhibition of the Works of Industry of All Nations*, Londres, 1851, 297-302. No había aún una sección dedicada específicamente a la enseñanza.

13 Carderera (1863).

14 Mariano Santisteban, solicitud dirigida al Director de Instrucción Pública, 28 de mayo de 1867, AGA, Expediente de Mariano Santisteban de la Fuente (05)017.00/32-08527-00002)

exposición internacional dedicada exclusivamente a instrumentos científicos celebrada en Londres en 1876¹⁵ y la exposición de Barcelona de 1888. En la primera, por destacar un caso, recibió una distinción el invento de Joaquín Orozco Sánchez, profesor de la Escuela Normal Superior de Alicante, cuyo nuevo instrumento, conocido como ábaco métrico decimal (véase la fig. 10), tenía como finalidad facilitar los cálculos del nuevo sistema de pesas y medidas, del que hablaremos más adelante (Aznar, 2013, II, 59-60). De la primera sección destacamos a Pedro Torres, que se presenta como “Constructor de instrumentos de precisión náutica y meteorológica en Cádiz y Santander”, y el profesor ya citado, Bernardo Rodríguez Largo¹⁶, que mientras ejercía la docencia en el Instituto de Segunda Enseñanza de Guadalajara (hasta 1875, cuando se traslada al de San Isidro), acudió a este evento en el que presentó un telégrafo registrador¹⁷.

Torres es un ejemplo de los vínculos existentes entre los fabricantes que no formaban parte de las redes industriales internacionales y los institutos de enseñanza. En su caso construyó un “barómetro magistral” expresamente para el Instituto de Jerez de la Frontera, que fue adquirido en 1884 y que costó 1500 pts. (véase la fig. 11). Los rasgos del instrumento y el perfil del constructor indican que estaba destinado al observatorio meteorológico del centro¹⁸.

15 *Special Loan Collection of Scientific Apparatus at South Kensington* (1877). El año de la convocatoria en la capital de Inglaterra coincidió con la Exposición Internacional de Filadelfia. Y aquí acudieron también expositores españoles, tanto institucionales como particulares. Los institutos de secundaria, como el de San Isidro, no realizan contribuciones especiales, salvo la exhibición de memorias de curso. En general, teniendo en cuenta las propuestas de las secciones dedicadas a educación y a “instrumentos científicos y filosóficos y métodos” (con un equinoctiómetro, un indicador eléctrico y otro de un sistema decimal, algún mapa, algún aparato eléctrico y relojes) no reconocemos dispositivos particularmente relevantes para el mundo de la enseñanza científica (*Official Catalogue of the U.S. International Exhibition* (1876, Part III, 132-141).

16 Rodríguez Largo, elogiado por sus capacidades intelectuales y manuales, había sido autor de textos generales dedicados a la física y a la química y, además, de una obra sobre la electricidad (*La electricidad y sus aplicaciones*, Madrid, 1881), un campo en expansión en el último cuarto del siglo XIX. En la Exposición además aportaron sus diseños de pilas eléctricas Miguel Simó, de Madrid, y Luis Gallardo, de Barcelona, véase el artículo de Antonio Espina y Capo en *La Ilustración Española y Americana*, 48, 30 de diciembre de 1900.

17 *Exposition Universelle à Vienne 1873* (1873, 135).

18 Según los datos proporcionados por el Instituto Padre Coloma (museo.iescoloma.

En estos eventos las presentaciones dedicadas a la pedagogía se asociaban y a veces se confundían con las contribuciones realizadas al sector específico de los instrumentos de precisión científica y técnica (caso en el que se encuentra el diseño de telégrafo de Rodríguez Largo). Este hecho favorecía la comunicación entre campos diferentes con intereses en los recursos materiales. En la Exposición Universal de Barcelona de 1888, José Rosich (Barcelona) presenta un “cosmográfico” (aparato para facilitar la enseñanza de la geografía y de la astronomía) y Guillermo Botlander instrumentos de física y microscopios. Estos se disponían junto a las aportaciones de Rosell (vda. de José), firma de prestigio en la elaboración de instrumentos científicos y técnicos, como ya se vio en el tercer capítulo¹⁹.

Dentro del escenario español, tiene un especial significado el Congreso Nacional de Pedagogía de 1882, porque en este marco se produce, entre otras, una intervención significativa en el sector de los materiales pedagógicos, la de Tomás Escriche, quien, dicho sea de paso, había reemplazado a Rodríguez Largo en la cátedra de Física y Química del Instituto de Guadalajara.

En su estudio sobre el Museo Pedagógico, García del Dujo (1985) asegura que los fondos iniciales del centro procedieron en una parte significativa de los objetos incluidos en la exposición pedagógica que acompañó al evento mencionado. Hay que recordar que tanto la orientación de la exposición como los debates pedagógicos estaban subordinados a las demandas teóricas y prácticas de la educación primaria. Así, había instalaciones escolares, instalaciones comerciales e instalaciones particulares. De las primeras destacan la Institución Libre de Enseñanza, el Colegio de San Ildefonso²⁰, el Real Colegio

es/catalogo), tenía las siguientes características: “Barómetro magistral [sistema Fortin], gran modelo, con tubo barométrico de 14 mm de diámetro interior y escala independiente”. Se describe en *Memorias del curso 1882-1883* (p. 59) y viene acompañado de folleto explicativo (en Archivo IES Padre Luis Coloma).

19 *Exposición Universal de Barcelona* (1888, 115).

20 Que presenta: “Mesas individuales de nogal macizo, sistema americano, perfectamente construidas y cuidadas; modelos de locomotora, barco de vapor y linterna mágica, contruidos en Madrid; un precioso y completo gabinete de física de la casa Hachette de París; mamífero y ave disecados; mapas, etc. [...] La vista fotográfica del Colegio, da una idea de él que completa visitándole, como deben hacerlo, cuando vengán a Madrid nuestros compañeros, si quieren ver un acabado modelo de escuela moderna bien montada”. Acompañan a este material trabajos de alumnos, consistentes en colecciones de plantas y cuadros de dibujo lineal, adorno, paisaje”, *Revista de la Exposición Pedagógica* (1882, 435).

del Escorial. De las instalaciones particulares sobresale la aportación del profesor Tomás Escriche, consistente en un “Aparato para demostrar los efectos de la resistencia del aire en la caída de los cuerpos; aparato geométrico para el estudio de los coeficientes de dilatación (con el Sr. Romero, de Madrid); aparato hidrodinámico de nivel constante y otro para movimientos vibratorios: premio de primera clase”²¹.

La asistencia a las exposiciones tenía el cometido tanto de buscar el reconocimiento público de una obra como de explorar una realidad desconocida, con rasgos emotivos e intelectuales sugestivos. Desde una perspectiva individual, lo atractivo del viaje es que significaba una extensión o un desafío profesional; desde un enfoque social, la promoción de los viajes científicos representó una contribución destacada a la circulación de conocimientos. En este último sentido, sobresalen los desplazamientos y estancias de profesores de secundaria promovidos por la política de ayudas de la Junta para Ampliación de Estudios desde su creación en 1907²². Lozano, por señalar un caso conocido, fue pensionado en 1908 para asistir a la Sección de Pedagogía de la Exposición franco-británica (celebrada en Londres en julio y agosto de ese año)²³. En el informe que escribió tras la visita (Lozano, 1909) ofrece algunas impresiones críticas sobre el sistema inglés de enseñanza, y particularmente sobre la presencia de las ciencias en la enseñanza elemental superior (impartida a estudiantes de 12 a 16 años).

Pero sin duda las pensiones concedidas por la Junta promovieron los encuentros con prácticas y novedades materiales producidas en otros centros. En general, se admiraban los recursos y procedimientos observados, así como la disciplina de trabajo, y se adquirirían hábitos propios del saber hacer. Eloy Luis André, profesor de Psicología, a quien nos encontraremos en el capítulo 8, volvió a España después de su visita a los laboratorios de Leipzig con información sobre el uso del quimógrafo y otros instrumentos para sus investigaciones.

21 *Revista de la Exposición Pedagógica* (1882, 443).

22 Para ampliar la información sobre profesores de Instituto pensionados por la JAE, véase el sitio web JAE Educa. Diccionario de profesores de instituto vinculados a la JAE (1907-1936), en <http://ceies.cchs.csic.es/?q=inicio>

23 Fueron nombrados por las reales órdenes de 3 de julio y 28 de julio de 1908 (*Gaceta de Madrid*, 7 de julio y 4 de agosto de 1908 respectivamente) para la misma comisión: Concepción Saiz de Otero, Dolores Cebrián Villegas, Eloísa García y García, Teodosio Leal, Domingo Barnés, Martín Navarro, Álvaro González Rivas, Matilde García del Real y María Maeztu y Whitney.

Teresa Marín en su estudio *La renovación pedagógica en España* distingue tres periodos con un incremento en la concesión de pensiones relacionadas con el sector de la metodología educativa. El primero, entre 1910 y 1912, concierne preferentemente a las medidas sobre la educación de adultos y a la implantación en el país de la Escuela del Hogar y Profesional de la Mujer. El segundo, entre 1920 y 1922, dependió de la activación de los Institutos-Escuela. En el tercero, en el bienio 1924-1925, es decir, en la Dictadura de Primo de Rivera influyó el interés por la formación técnica y la promulgación del Estatuto de Enseñanza Industrial (Decreto ley de 31 de octubre de 1924) (Marín, 1999, 120-128)²⁴. En general, se observa en los propósitos de las becas un interés por fomentar la educación manual integral desde los primeros grados, los conocimientos prácticos y las ciencias experimentales, pero siempre insistiendo en los métodos que sitúan la interacción de los estudiantes con los materiales en un lugar prioritario. Un ejemplo de la atención a estos procedimientos es la visita durante la tercera etapa señalada a la Escuela Normal Superior de Saint Cloud, cerca de París:

los becados españoles que visitaron esta Escuela, ponderaron repetidas veces el anti-intelectualismo y el sentido práctico de las enseñanzas que se impartían en Saint Cloud: Los *gabinets* de Física, Química y Ciencias Naturales, en los que cada alumno tenía su mesa, su colección de frascos con los principales reactivos y su instrumental de experiencias (probetas, tubos de ensayo, matraces, tijeras, mecheros...), amén de los aparatos más modernos en una y otra ciencia, despertaban las más entusiastas alabanzas en propios y extraños (Marín, 1988, 97-98).

A estos intereses se sumaron las pensiones cuyo propósito era ampliar los conocimientos de psicología experimental y de psicotecnia, dos esferas emergentes durante las dos primeras décadas del siglo XX, acompañadas de una amplia muestra de dispositivos técnicos, que serán examinadas en el capítulo 8.

A medida que avanzamos en el siglo XX las convocatorias nacionales e internacionales se multiplicaron. Ya adelantamos alguna información de estos movimientos en el capítulo dedicado a los fabricantes de instrumentos, que complementa a la mostrada aquí (caso en el que se encuentra Mónico Sánchez con sus demostraciones en la Exposición de Electricidad de Nueva

24 Sobre el interés de los pensionados por las enseñanzas prácticas y técnicas, Guijarro (2015).

York de 1909)²⁵. Lo que nos interesa subrayar es cómo en estos escenarios se producían los intercambios entre los agentes comerciales, los profesores, los fabricantes y el público asistente. Fenómenos sobre los que ha reflexionado Iwan R. Morus, quien al estudiar las exposiciones científicas y tecnológicas victorianas afirmaba que estos actos consistían en la disposición de los productos del inventor en contextos diferentes al del taller. De esta manera se vinculaba el mecanismo al escrutinio del ojo público y también a las dinámicas del mercado. Así, dice el autor, el público asistente a la exhibición admiraba y deseaba los objetos, los convertía en un bien consumible. Esta fase era para el empresario-fabricante, por tanto, parte de la producción y de la reinterpretación de los materiales expuestos, cuyo diseño final no estaba siempre completamente definido (Morus, 1996, 420-425).

4. Artefactos, proyectos estatales y rutinas

a. Tablas y meteoros: nuevos compromisos de los docentes

La instalación de las estaciones meteorológicas en los institutos de enseñanza secundaria desde 1860 sirvió para la formación científico-técnica de los participantes, profesores, ayudantes y alumnado y para que los centros adquirieran una notable proyección social. Hay que insistir además en el interés político de esta empresa, especialmente por su contribución a la vertebración del Estado. Se sumaba por ello a otros proyectos de carácter administra-

25 En 1929 se celebró la Exposición Internacional de Barcelona, que coincidió con la Exposición Iberoamericana de Sevilla. Al menos en el primer caso se reservaron espacios para la presentación de modelos educativos representativos, tanto en las secciones oficiales como en las privadas. En el Palacio de las Artes Gráficas, la clase 29 estaba reservada a “Mapas e instrumentos para la enseñanza de la Geografía, Cosmografía, etc.”. Pero las aportaciones vinculadas a la enseñanza pública se concentraban en el Pabellón del Estado, donde se exponían las innovaciones pedagógicas junto a las propuestas relativas a las comunicaciones, correos, transportes, previsión laboral, construcción de vivienda, industria militar, cultivos, etc. En el primer piso, “casi desocupado”, había una “breve instalación” del Ministerio de Instrucción Pública, con tres pabelloncitos, entre el de Bélgica y el de Dinamarca, para exposiciones de la Escuela de Anormales, material pedagógico y labores manuales” (Repide, 1929); en realidad, predominaban las muestras dedicadas a la primera enseñanza y parvulario, con mapas, aparatos de radiotelefonía y de proyecciones, sistema métrico... (Rosas, 1929). En la planta baja se disponían muestras del Museo de Ciencias Naturales y un plano de la construcción de la Universidad Central.

tivo y científico-técnico, como la extensión del sistema métrico decimal, que se verá posteriormente, y la instalación del telégrafo eléctrico y el ferrocarril, que se emprendieron en el marco de la política liberal española. Así mismo representaba un ejemplo de trabajo colectivo, hecho que obligaba a atender a determinados compromisos, a compartir sistemas uniformes de intercambio de información y a reunir instrumentos estandarizados. Con la debida regularidad, las observaciones se enviaban a las dependencias designadas para su centralización y tratamiento, el organismo ministerial conocido como Junta de Estadística. Pero igualmente los profesores debían revisar la instrumentación disponible, solicitar cambios (ya se vio anteriormente el caso del barómetro magistral de Torres) y reparar el material empleado.

La meteorología contaba con una importante tradición en el mundo del trabajo científico cooperativo. En el siglo XVIII ya se habían planteado diversos programas de recogida de datos coordinados por las academias científicas. España participó en estos proyectos, cuya finalidad era reunir registros de amplias zonas terrestres para efectuar previsiones plausibles del tiempo y para establecer patrones climáticos. Eran trabajos ambiciosos y ninguno, ya fuera europeo o nacional, llegó a consolidarse, principalmente porque se trataba de estructuras complejas que comprometían a personas, material y rutinas que debían funcionar de una manera regular, ordenada y continua para garantizar la eficacia de todo el sistema.

La red de instituciones públicas de enseñanza era una opción viable para estos cometidos. Había disciplina institucional, personal con formación, abarcaban un amplio territorio y, muy importante, los docentes estaban ya familiarizados con la instrumentación científica empleada en estos cometidos. Estas y otras ventajas fueron las que debieron considerarse por el gobierno cuando se publicó el Real Decreto de cinco de marzo de 1860 por el que se determinaba la creación de los observatorios meteorológicos en un número significativo de institutos de educación secundaria (unos se creaban *ex novo* y otros, los ya existentes, se sometían a la homologación).

De acuerdo con el Decreto, el organismo encargado de dirigir estas labores era la Comisión de Estadística General. Fue creada a propuesta del Presidente del Consejo de Ministros, Ramón María Narváez por Real Decreto de 3 de noviembre de 1856. Estaba compuesta de “personas de reconocida capacidad y adornadas de conocimientos especiales, para que se ocupe de la formación de la Estadística General del Reino, abrazando todos los ramos de la Administración Pública del Estado” (García de Pedraza y Giménez de la Cuadra,

1985, 26)²⁶. Es interesante esta atribución porque demuestra una vez más la reproducción del ideario reformista ilustrado, en el que se conceden poderes a un cuerpo para determinar los recursos de un país. Es una ciencia del Estado y como tal se expresa en términos matemáticos o, mejor, cuantitativos, de ahí que la meteorología, con sus tablas estandarizadas de datos, pueda formar parte de la misma.

Como se asegura en la exposición de los motivos de la acción emprendida, de la meteorología dependen la salud pública, las ciencias, la agricultura, la fabricación y el comercio para conseguir bienes para la humanidad. La respuesta posible a esta demanda es el establecimiento de un sistema completo de observaciones, pero el realismo, la prudencia (“marchar pausadamente en la senda de las innovaciones”) y las limitaciones de los recursos económicos aconsejan plantear de una manera más ajustada los términos y condiciones del proyecto (Real Decreto de 5 de marzo de 1860²⁷). Las condiciones se cumplen si se establecen las estaciones meteorológicas en los centros de instrucción pública o en las dependencias del Estado, porque disponen de recursos materiales y porque hay profesores e ingenieros que pueden encargarse de la adecuada dirección de las tareas encomendadas. La elección de los lugares de observación responde a una planificación destinada a obtener datos variados de las zonas próximas a las costas, a las cuencas de los ríos, cordilleras y mesetas. En esta primera comunicación se han seleccionado 22 estaciones. En ellas, en principio, solo debe determinarse la temperatura del aire, de la tierra y del agua; la presión atmosférica; el estado higrométrico del aire; la fuerza y dirección del viento; la cantidad de lluvia, y otras observaciones que requieran métodos sencillos. Se permite de igual manera que se lleven a cabo trabajos de investigación de mayor calado.

Los artículos del Decreto disponen lo siguiente: 1º) la creación de 22 estaciones²⁸; 2º) las ciudades donde se instalarán: Albacete, Alicante, Almadén, Badajoz, Barcelona, Bilbao, Burgos, Ciudad-Real, Cuenca, Granada, Huesca, Murcia, Oviedo, Palma de Mallorca, Riotinto, Salamanca, Santiago, Soria, Sevilla, Valencia, Valladolid y Zaragoza (también forman parte de la red los ob-

26 Sobre los proyectos estadísticos nacionales en el marco de las políticas liberales del siglo XIX, Muro, Nadal y Urteaga (1996).

27 *Gaceta de Madrid*, 8 de marzo de 1860, 68.

28 En realidad, en 1860 ya estaban funcionando 11: Alicante, Barcelona, Bilbao, Granada, Oviedo, Salamanca, Santiago, Sevilla, Valencia, Valladolid y Zaragoza (desde 1858 y 1859, e incluso antes), y los observatorios de Madrid y de San Fernando, así como la Escuela de Ingenieros de Montes (Villaviciosa de Odón).

servatorios de Madrid, San Fernando y la Escuela de Ingenieros de Montes); 3º) en qué consistirán las observaciones; 4º) que las estaciones se instalarán en los edificios de las universidades y de los institutos; 5º) que la Comisión proporcionará los instrumentos, así como las plantillas, donde se señalará el número de las observaciones y los horarios de su realización, e igualmente determinará el momento y la forma de transmisión de los trabajos a la capital; 6º) se señalan los encargados de las observaciones, que son los catedráticos de Física de los institutos o de las universidades, con un ayudante donde los hubiere, y en Riotinto y Almadén un ingeniero, todos ellos bajo la dirección de la Comisión de Estadística y de los respectivos jefes locales; 7º) que los encargados de las observaciones recibirán una remuneración de 2.000 reales (catedráticos) y 1.000 reales (ayudantes); 8º) y que los gastos ocasionados por el servicio correrán a cargo de la Presidencia del Consejo del Ministerio.

Los institutos recibieron de la Comisión de Estadística unas instrucciones detalladas para montar los observatorios y realizar los registros²⁹. Estaban firmadas por Francisco de Luxán, en ese momento Director de Operaciones Geodésicas de la Comisión, quien además de ocupar diversos cargos relevantes en la política científica y técnica³⁰ fue Ministro de Fomento en 1863. Abarcaban estas indicaciones el tipo de fenómenos que había que registrar, cómo se debían colocar los instrumentos, la manera de realizar las observaciones y su presentación, con los oportunos cálculos que debían llevarse a cabo. De la información proporcionada destacan algunas indicaciones. Las anotaciones de los datos había que hacerlas dos veces al día, se sobrentendía que los profesores contaban con la ayuda de otras personas, las lecturas se llevaban a cabo con una precisión de 0,05 mm. (y los termómetros con 1/10 de grado) y había una alusión a un modelo de instrumento, al termómetro de máxima y mínima de Casella³¹.

Aunque no poseemos alusiones directas a la práctica diaria llevada a cabo en los institutos, podemos hacernos una idea de estas rutinas teniendo en cuenta los datos enviados al *Anuario Estadístico de España*. Cabe asegurar

29 “Instrucciones para montar los observatorios meteorológicos mandados crear por Real Decreto de 5 de marzo de 1860”, por Francisco de Luxán, 13 de julio de 1861, en Luxán (1861, Apéndice 8, 116-122).

30 Comisario del Observatorio Astronómico y Meteorológico y presidente de la Comisión permanente de Pesos y Medidas; sobre este tema, véase José María Luxán Meléndez (2016).

31 Establecida en 1810 en Londres, la firma C. F. Casella estaba especializada en instrumentos meteorológicos y topográficos.

en cualquier caso que el cometido no era el establecimiento de un sistema para la predicción del tiempo, sino contar con datos estadísticos dedicados a estimar máximos, mínimos y medias anuales. En el *Anuario Estadístico* correspondiente a 1860 y 1861 se decía que de las 22 estaciones estaban ya funcionando 19, y que 14 de estas enviaban directamente los datos a través del telégrafo eléctrico. El cuarto *Anuario Estadístico de España* (1862 a 1865) incluye los datos de la mayoría de las estaciones creadas en 1860 (García de Pedraza y Giménez de la Cuadra, 1985, 27-28). Seguidamente ofrecemos algunos apuntes sobre las tareas impulsadas en los institutos en relación con las estaciones meteorológicas disponibles, con la finalidad de conocer detalles sobre las labores de los profesores, ligadas a las estrictamente docentes.

El observatorio meteorológico perteneciente al Instituto de León, apoyado por la Diputación y la Comisión, que inició su funcionamiento en la década de 1860 estaba a cargo del profesor de Física y Química Manuel Rodríguez Palencia. Sin embargo, quien lleva a cabo las operaciones de registro de las observaciones era el conserje, “el cual bautizó el lugar con el nombre de *El Gurugú*, en recuerdo al altozano africano donde había prestado su servicio de armas” (Celada, 2003, 114). El fallecimiento del conserje y la reivindicación de los profesores de un complemento por la realización de estos trabajos provocó el abandono de las tareas. Más tarde, las rutinas se recuperaron, pero desprovistas de la constancia necesaria.

El Instituto Provincial de Alicante estaba entre los primeros centros de educación secundaria que habían reunido observaciones meteorológicas y las habían remitido a la Comisión (o Junta, denominación que recibió posteriormente). De estos trabajos se encargó el catedrático de Física Rafael Chamorro. Sin embargo, la estación no se encontraba en el centro, sino en unos terrenos cedidos al Instituto situados a un kilómetro aproximadamente. Hasta 1876 no se instaló en el propio edificio³².

Mediante la información disponible del Instituto de Secundaria de Teruel sabemos que las observaciones se hacían a las 9 y a las 15:00. Pero en este caso, y muy probablemente en otros, los datos obtenidos no solo se enviaban al *Anuario*, sino que se remitían también a la prensa local, convirtiéndose en los registros oficiales para la provincia. El centro, que no había formado parte de la lista inicial de las primeras 22 estaciones, recibió el reconocimiento oficial del Observatorio Astronómico, por lo que accedió a la recepción de fondos procedentes del Estado. En 1876 cuando se habilitó el nuevo edificio,

32 Bañón y Cantó (2011).

se construyó para la estación una terraza de 6,37 metros de larga por 5,10 de ancha (Aldecoa, 2011).

El observatorio del Instituto Provincial de Murcia, que formó parte de los creados en 1860, presenta rasgos específicos, en este caso ligados a la labor del catedrático que tenía a su cargo la instalación, el ya nombrado Olayo Díaz Jiménez (López y Valera, 2001). Llegó a la institución murciana en 1862, después de obtener la cátedra como titular de Física y Química y ser destinado a Pontevedra y posteriormente a Segovia. En el Instituto quintuplicó el número de aparatos del gabinete e influyó en la proyección social del mismo, en particular a través de sus colaboraciones en la prensa local (*El Semanario Murciano*, 1878-1881). Destaca en estas ocupaciones su labor como impulsor de las teorías evolucionistas y también como divulgador de los principios de la meteorología, además de otras colaboraciones escritas con un tema común: el papel iluminador de la ciencia y del progreso.

Sus contribuciones a las rutinas relativas a las observaciones meteorológicas excedieron los planes diseñados por la Junta de Estadística. Su reacción hacia los instrumentos recibidos para las observaciones es significativa, porque delata los desajustes del sistema o, por expresarlo de otra manera, las pequeñas irregularidades que, por una parte, definían sus limitaciones y, por la otra, impedían que funcionara de una manera mecánica, como se esperaba desde los órganos administrativos. Unos meticulosos protocolos no aseguran siempre el éxito de una empresa. Olayo Díaz advirtió que los instrumentos gestionados por la Junta no eran apropiados. El grupo enviado consistía en los siguientes dispositivos: un barómetro de Winckelmann (tipo Fortin), dos termómetros de máxima y mínima (modelo Casella), dos termómetros de Fastre para medir humedades relativas, un pluviómetro y un vaso evaporatorio (López y Valera, 2001, 289). La insuficiencia del utillaje condujo a Olayo Díaz a solicitar a la Administración instrumentos de mejor calidad, sin embargo, las demandas no recibieron la respuesta esperada. El profesor decidió entonces realizar las adquisiciones por su cuenta. Una vez conseguido el material, procedió a la anotación de los datos según las minuciosas instrucciones ministeriales, informes que envió a las dependencias gubernamentales y que compartió igualmente con la prensa local. También fue autor de una obra, *Año meteórico de Murcia. 1864*, en la que atiende a amplios y variados fenómenos relativos al mundo de la meteorología, así como a su influencia en las explotaciones agrícolas.

Del Instituto Provincial de Huesca destacamos algunos testimonios que

ofrecen una idea de la fuerza simbólica que tenían estas dependencias. Las palabras del Director, pronunciadas en la apertura del curso 1858-59, vinculan con estilo enfático semejantes instalaciones al progreso de las luces, al que tanto se estaba contribuyendo en el reinado de Isabel II, según afirmaba (cit. en Mainer, 2011, Anexo I). Ya dijimos que las novedades presentes en los institutos estaban mediatizadas por las autoridades. Este hecho obligaba a mantener las debidas reglas de cortesía y lealtad institucional, que se manifestaban en los rituales que se reproducían en los intercambios epistolares o en las ceremonias de apertura de los cursos, donde coincidían los cargos de los centros educativos con los representantes de la administración local y nacional. Pero lo que revela claramente la importancia de la estación meteorológica, posiblemente por su contribución a la proyección social de la ciudad, son los recursos dedicados a su construcción. Fue en 1857 cuando se ordenó la instalación de la torre y para ello se dedicaron diversas partidas de los presupuestos del Instituto. Para cubrir los gastos de la instrumentación se pagaron 728 reales por un barómetro de Fortin y el “artista” Calixto Peñuela cobró 880 reales por “un aparato veleta con su acuómetro y dinamómetro correspondiente, que construyó en Madrid”. Contaba igualmente con un reloj por el que se pagaron 2900 euros (Garcés, 2013, 90). También se abonó una cantidad muy elevada, 4770 reales, por un telescopio refractor, una prueba de que la torre estaba destinada a habilitar un observatorio astronómico³³.

Cambiando ahora de ciudad, en el periódico *La Semana Palentina* (19, 8 de septiembre de 1878) se relatan los actos de la Exposición agrícola provin-

33 Para conocer la magnificencia que se quería otorgar a la construcción reproducimos la descripción que se publica en la Memoria del curso 1877-78: “Constituye la Estación un cuerpo alzado del edificio a manera de torre prismática rectangular de veinte metros de altura basada sobre uno de los lados del octógono que forma el patio del Instituto, el que viene frente a la puerta de entrada, presentando una fachada bastante regular desde el punto de vista arquitectónico, consistente en amplio balcón flanqueado de cuatro columnas apilastradas de orden corintio, esfera de reloj o cuadrante y balaustrada con jarrones o florones a intervalos, por remate o coronación de la obra, que es toda de ladrillo desnudo al frente y revocado con yeso y pintura por detrás y los costados. Cubre el edificio particular un terrado con vuelo de madera, elevándose desde el centro un mástil que sirve de sostén a una barra de hierro en la que se sitúa el anemómetro desde el que descende, hasta una habitación interior que hace oficio de despacho, un alambre enlazado con el dinamómetro colocado en un armario (...) Sobre el mismo pavimento del terrado está el vaso que sirve para apreciar la evaporación y no muy distante el termómetro relector o de irradiación terrestre colocado sobre un reflector parabólico de metal (cit. en Mainer, 2011)

cial y se menciona la instalación de un observatorio meteorológico en el Instituto Provincial de Palencia, “con un barómetro anerode, dos termómetros... con las curvas barométricas y termométricas de los dos últimos meses”³⁴ (véase la fig. 12).

En el Instituto de Palencia encontramos ejemplos de las actividades que contribuían a la proyección social del centro, así como de las situaciones en las que intervenían los profesores. En ellas se comprueba la tarea mediadora

34 Por su interés, se reproduce la carta enviada por el Director del Instituto al Director del Observatorio Astronómico y Meteorológico (c.1878): Carta del Director del Instituto de Secundaria de Palencia al Director del Observatorio Astronómico y Meteorológico de Madrid, s/f, ca. 1878: “Creo mi deber, como Director de este Instituto provincial, dar cuenta á V.I. que representa y tiene la gefatura de los estudios meteorologicos, de la instalacion ya empezada en este establecimiento de un observatorio meteorologico, cuyas obras se estan llevando á cabo, para que en el término mas breve posible puedan empezarse los trabajos./ Situada esta ciudad en el centro de una comarca agrícola de primera importancia, siempre creyó el claustro del Instituto de Palencia que sería muy conveniente la creación de un centro de observaciones que contribuyera con el tiempo al conocimiento aproximado de la climatología de la comarca, ademas de lo utilísimo que podría ser para la practica de la enseñanza, y de la cooperación eficaz que podría dar á la tarea que con tanta constancia se esta realizando en España en la meteorología general. Ese deseo ha podido llegar á ser un hecho por las constantes gestiones que, con el beneplacito de todos sus compañeros, ha hecho cerca de la Exma. Diputación el catedrático de Física y Química Don Ricardo Becerro, quien presentando el plan á la aprobacion de aquella, ha conseguido que se decida ainstalarlo, consiguiendo también de la Concesión de la Exposición agrícola algunos fondos para aparatos y del Ateneo otros para la adquisición de obras para su pequeña biblioteca meteorológica./El Instituto no cuenta para la compra de aparatos con otros fondos, que con parte de lo que le corresponde por los derechos académicos del curso de 1877 a 1878, sin perjuicio de que en adelante se consiga siempre alguna cantidad, para el mismo objeto./En la creencia de que V.I. aprobará nuestro pensamiento y verá con satisfaccion el establecimiento de este nuevo centro de observaciones, tengo el honor de suplicarle que se digne indicarme si tiene alguna advertencia que hacerme respecto á él, para proceder con arreglo á sus instrucciones, y de exponerle al mismo tiempo que sí á semejanza de lo que se ha hecho con otros institutos se digna favorecernos con el envío de algun aparato para la instalacion, este claustro le deberá siempre una completa gratitud por tan honroso apoyo./Tan pronto como tenga la honra de recibir su respuesta, haremos el pedido de los aparatos mas necesarios y daré cuenta al Exmo. Sr. Director General de Instrucción pública de la instalación definitiva del observatorio, á fin de ponerlo á sus órdenes en los servicios oficiales (Escrito al Director del Observatorio Astronómico y Meteorológico de Madrid. AIJM Caja 64 Comunicaciones varias (1875–1880)) (disponible en documentos. iesjorgemanrique.com). En general, sobre el instituto y sus docentes, Coria (2010).

que cumplían los instrumentos, presentados como una autoridad en la transmisión de conocimientos a diferentes públicos. Se sabe que, en el caso particular del microscopio solar del Instituto de Palencia, este se empleaba no solo en el aula sino para tareas que formaban parte de la difusión de conocimientos científicos y técnicos relacionados con las actividades económicas de la provincia. Además de la mención a la estación meteorológica aludida, en *La Semana Palentina* se ofrecía información sobre las conferencias impartidas en el pabellón dedicado a la exposición agrícola. Una de ellas estaba dedicada a un tema de interés para la región, el insecto *Phylloxera vastratix*, parásito de la vid, que fue observado a un gran tamaño gracias al microscopio citado del centro palentino. La demostración la había preparado el catedrático de Física (Labrador, 2000, 390).

Puede aludirse a otras instalaciones semejantes que funcionaron siguiendo las mismas pautas en una parte importante de los institutos de secundaria³⁵. La siguiente tabla representa el número de estaciones en funcionamiento en estos centros a lo largo del siglo XIX y dos primeras décadas del XX (Anduaga, 2012, 340):

1858	1867	1876	1882	1887	1892	1902	1910	1917
1	14	19	27	26	23	21	29	40

Su examen sirve para comprobar el alto grado de uniformidad lograda en estas tareas, si bien hay pequeñas diferencias dependientes de los centros y de las contribuciones realizadas por los responsables de las observaciones. Unas diferencias que se perciben sobre todo en las dotaciones instrumentales de los centros (véase “Tablas” en Anduaga, 2012, 390-401). Para explicar el incremento de 1917 hay que tener en cuenta que el Instituto Central Meteorológico inició sus operaciones en 1891 en una situación de cierta precariedad y que no fue hasta 1911 cuando se realizó un esfuerzo institucional por ampliar de manera significativa la red de puntos de observación. En ese momento, los institutos representaban el 5% de esa red, mientras que las escuelas públicas en general el 15,3% (Anduaga, 2012, 347)³⁶.

³⁵ Sobre el de Albacete: Moratalla y Díaz (2012; especialmente sobre el observatorio, p. 54 y para materiales de los gabinetes, p. 122). Por señalar solo un ejemplo, el observatorio del instituto murciano estuvo funcionando hasta el año 1955.

³⁶ Véase también Anduaga (2005).

b. Un sistema universal y estatal de pesas y medidas: difusión y resistencias

El proceso de establecimiento de un sistema universal de pesas y medidas se inició en Francia, en 1790³⁷. Probablemente en la decisión de crear una comisión de científicos para llevar a cabo la reforma tuvieron un peso significativo, por este orden de importancia, los motivos políticos (unificación territorial y administrativa del país), los económicos (simplificación de los acuerdos comerciales) y los propiamente científico-técnicos (contribución a la disposición de un lenguaje común en un escenario de creciente internacionalización de los conocimientos). Había que crear una nomenclatura, fabricar patrones y difundir los nuevos métodos. La tarea, lenta, se prolongó durante varios años y su culminación no llegaría hasta la década de 1830, cuando se decreta la prohibición de emplear otras medidas diferentes a la del sistema métrico. El Conservatoire des Arts et Métiers se encargó a partir de 1848 de enviar a diversos países colecciones de patrones, entre ellos España. En nuestro país se aprueba la Ley de pesas y medidas, que significa la imposición del nuevo sistema, en 1849. Pero su uso generalizado, como ocurre en otras naciones, no se verifica hasta los años 1870, momento en que tiene lugar la importante firma del Convenio de París, suscrito por 17 naciones, que representó la aceptación definitiva del Sistema Internacional de Pesas y Medidas.

Es importante recordar estas últimas fechas, la de 1849 y la de 1875 (firma del Convenio) porque en ese intervalo se genera una significativa producción literaria, así como colecciones de patrones destinadas a la extensión de los nuevos procedimientos. Un ejemplo de esta campaña es el texto de Melitón Martín, ingeniero de la Compañía del Gas de Madrid, titulado *El nuevo sistema legal de pesas y medidas puesto al alcance de todos* (que en 1853 iba por la séptima edición) y otro es el envío de colecciones de objetos estandarizados a los institutos de secundaria, lo que nos interesa más directamente. La ley de 19 de julio de 1849, “disponiendo el establecimiento de un solo sistema de medidas y pesas en todos los dominios españoles”, establecía en el artículo 8 que todas las capitales de provincia y de partido recibieran a partir del 1 de enero de 1852 una colección completa de “diferentes marcos de las nuevas pesas y medidas” y el artículo 11 especificaba, sin dejar opciones a la interpretación, lo siguiente³⁸:

37 Estudio general en Debarbat, S. y Ten, A. E. (1993) y relativo a instrumentación González de la Lastra, L. y Martín Latorre (2000, 333-339).

38 Ley de Pesas y Medidas de 19 de Julio de 1849, *Reglamento para su ejecución*

En todas las escuelas públicas ó particulares, en que se enseñe ó deba enseñarse la aritmética ó cualquiera otra parte de las matemáticas, será obligatoria la del sistema legal de medidas y pesas y su nomenclatura científica, desde primero de Enero de mil ochocientos cincuenta y dos, quedando facultado el Gobierno para cerrar dichos establecimientos siempre que no cumplan con aquella obligación.

En la Memoria leída en la apertura del curso 1862-1863 del instituto murciano se presentaba el acontecimiento que debió reproducirse en diversos centros educativos. Decía el director en su discurso, en el que se revisan las novedades del último periodo académico, que “También las cátedras de Matemáticas han adquirido las magníficas colecciones de pesas y medidas del sistema métrico decimal enviadas por el Gobierno supremo para tipos, y que, hallándose depositadas en las oficinas del Estado, solicitamos fuesen trasladadas a este Instituto, consiguiendo de la benevolencia del Sr. Gobernador civil y del digno jefe de Fomento que se accediese a nuestra demanda” (Memoria, 1862a, 10)³⁹.

La difusión del nuevo sistema, la etapa más compleja de una innovación, no debió ser una tarea sencilla.⁴⁰ Había que elaborar las piezas destinadas a las administraciones y los establecimientos educativos⁴¹, aprobar manuales con explicaciones y ejercicios de conversión y había que cambiar la mentalidad de quienes estaban familiarizados con los métodos convencionales, aunque fueran muy útiles en los entornos locales. A la campaña contribuyeron diversos agentes apoyados por el gobierno: la Comisión de Pesas y Medidas, encargada de la producción de los prototipos y de su distribución, así como de atender las cuestiones científicas en torno a los nuevos métodos (una de las más importantes en este proceso era la elaboración de las tablas de equivalencias). También influyó la creación de un cuerpo de profesionales dedicados a la supervisión del uso de los nuevos métodos, y los propios funcionarios

y disposiciones oficiales de carácter general, referentes al planteamiento del sistema métrico-decimal, Madrid, 1868.

39 *Memoria del Instituto Provincial de Segunda Enseñanza de Murcia, curso 1862-1863*, Murcia, 1862. Las adquisiciones del Instituto de Badajoz, en *Memoria del curso 1880-1881*, Badajoz, 1881

40 Acerca de la difusión de los nuevos métodos, Aznar (2013, 3 vols) y Picado (2012, 68 y ss.).

41 Esta tarea no fue sencilla: contó con diversas interrupciones y retrasos, si bien en la fabricación de las colecciones intervinieron de forma dominante, con la idea de promover la industria nacional, fabricantes españoles (Aznar, 2013, I, 344-353).

provinciales. En estos procesos debieron surgir numerosos episodios de resistencia. Desde la aprobación de la ley en 1849 aparecieron problemas entre dos sistemas muy diferentes, lo que generó “contradicciones en la sociedad que había de usarlo” (Aznar, 2013, I, 361). Frente a la intervención estatal en el contraste y la validación de las medidas, los municipios llevaban a cabo una contumaz defensa de los procedimientos que prevalecían en las gentes comunes, lo que provocaba situaciones polémicas entre las autoridades locales y la nueva corporación de fieles almotacenes (encargados de verificar la conformidad de las medidas con el patrón establecido). Otra forma de oposición fue la representación de obras satíricas. En el Teatro de Recoletos de Madrid se puso en escena en 1881 un sainete cómico-teatral titulado *El sistema decimal, disparate cómico-lírico en un acto y en prosa*, de Pablo Sanz de Castro, que fue acogido con gran entusiasmo (Aznar, 2013, I, 383).

El aprendizaje de una técnica es un proceso cultural en el que se alteran conductas, códigos y representaciones simbólicas⁴². Así, además de la publicación de decretos en 1869 y 1881 relativos a la obligatoriedad de los nuevos métodos, entre los patrones empleados en las medidas de distancias se difundía un metro-patrón bellamente presentado en una caja de nogal.

En los institutos se llevaban a cabo los ensayos de desplazamiento de un lenguaje popular por otro administrativo-científico, y los instrumentos se emplearon por los profesores para llevar a cabo la conversión a los nuevos procedimientos (véase un ejemplo de compendio métrico-decimal vendido por las casas de material científico en la fig. 13). En la colección perteneciente al Instituto Cardenal Cisneros aparece un metro-patrón de acero y otro de latón; también se menciona “una lujosa colección completa de pesas y medidas de la Villa de Madrid” (en *Memoria del curso 1876-1877*).

Junto a los dispositivos estandarizados, se emplearon para los planes de difusión y conversión al nuevo sistema los recursos visuales que se ofrecían en láminas y murales. Un buen ejemplo de estos procedimientos es una cromolitografía, de 900 x 1050 mm., impresa en Madrid, cuya datación se sitúa entre los años 1860 y 1864. Perteneció al Instituto de Menorca (actualmente

42 Hay que pensar en la dificultad que significaba dominar el uso del kilogramo de latón (definido como el peso en el vacío de un decímetro cúbico de agua destilada y a la temperatura de cuatro grados centígrados) con las correspondientes subdivisiones: en este sistema el gramo era ahora la unidad de masa (no entramos aquí en la distinción entre peso y masa), y este tenía múltiplos y submúltiplos: el kilogramo, el quintal métrico, la tonelada..., el decigramo, el miligramo...

IES Joan Ramis i Ramis, Mahón, donde se conserva)⁴³. Según el título, consiste en un “Cuadro decimal de medidas, pesas y monedas con los principales aparatos del nuevo sistema métrico”, realizado por Antonio Rouby y Francisco de Menoyo. En realidad, se trata de una síntesis gráfica de la obra escrita por estos autores sobre el mismo tema⁴⁴. La prueba de que el mural formaba parte de una campaña gubernamental es la Real orden de 21 de febrero de 1860, por la cual “se recomienda a los Ayuntamientos la adquisición del Cuadro de medidas [...]”, precisamente el diseñado por Rouby y Menoyo⁴⁵.

La iconografía del cuadro es importante por las diversas asociaciones promovidas entre las imágenes representadas. Según la descripción ofrecida por los profesores que han estudiado el mural, en él aparece el busto de Isabel II, a quien está dedicado, junto a “una alegoría de la España moderna (tren, fábrica, puente colgante, templete con rayos de sol detrás, queriendo decir que nace la nueva España). También aparecen objetos e instrumentos del campo de la agricultura, la química, la navegación, las artes. Está bordeado de series de monedas de curso legal de diferentes países” (Ramis y López, 2015). En la parte superior se añade la definición del metro y sus diferentes equivalencias. En la parte central, diversos patrones de longitud, volumen, peso y superficie, acompañados de instrumentos de medida.

Pero en la metodología educativa dominaron los procedimientos memorísticos, consistentes en el sistema de preguntas y respuestas, durante buena parte del siglo XIX. La presencia de los recursos visuales y colecciones solo atenuó mínimamente estas dependencias, pero este nuevo panorama no se generalizó hasta finales del siglo XIX y principios del XX (Aznar, 2013, II, 40-58)⁴⁶.

5. Artefactos frente a manuales

Los profesores como autores de manuales y versiones simplificadas de los mismos adquirirían compromisos sobre cómo integrar los objetos científicos y tecnológicos en las exposiciones teóricas y las rutinas programáticas. Hay que

43 Ramis y López (2015). Existen otros ejemplos, como el conservado en la Real Biblioteca de Patrimonio Nacional.

44 Titulado *Tablas de correspondencia recíproca entre las medidas, pesas y monedas del nuevo Sistema Métrico Decimal* (Madrid, 1859).

45 *Revista de Instrucción Pública, Literatura y Ciencias* (1860).

46 “El papel jugado por la escuela para la difusión del sistema legal tardará todavía muchos años en hacerse notar en la sociedad” (Aznar, 2013, II, 57).

explorar cómo se produce este ensamblaje, ya que lo que en principio debería ser un ejercicio de complementariedad artefactos-contenidos, en realidad se convierte en una práctica de desplazamiento de los problemas y principios teóricos en favor de los contenidos demostrables y visibles. En esta perspectiva, el texto era un vértice más del triángulo formado por el manual, un objeto meramente ilustrativo que facilitaba la asimilación de la teoría y un aprendizaje memorístico.

El programa de Física experimental correspondiente a 1846 contenía al menos un 70% de temas con un correlato demostrativo vinculado a un dispositivo experimental o experiencial. Antonio Moreno afirma que es similar al índice, si bien más aligerado, de la obra de Ganot, *Traité élémentaire de Physique expérimentale et appliquée et de Météorologie* (París, 1856, 6ª; Moreno, 1988, 300), obra que desde 1851 conoció numerosas ediciones y traducciones, entre ellas al español (la primera data de 1853).

El texto de Ganot significó a juicio de Agustí Nieto un cambio en las estrategias de la enseñanza de la física. La novedad consistió en la inserción de ilustraciones en el texto y en el uso de técnicas de grabado destinadas a destacar el realismo y precisión de los instrumentos y los aparatos. “Su obra fue el resultado de su experiencia como profesor, pero también de su relación con impresores, dibujantes, grabadores y fabricantes de instrumentos y máquinas, y de sus lectores, todos ellos públicos activos de la ciencia” (Nieto-Galán, 2011, 186). Josep Simon destaca en su estudio sobre los manuales de física el lugar que ocupaba el texto de Ganot en la preparación previa de la carrera de medicina y, en general, en la formación media y superior, con ilustraciones que se copiaron profusamente y con contenidos centrados en la descripción de artefactos y procedimientos experimentales. Este último fue el aspecto más destacado de estos libros de texto en el siglo XIX, motivado por el interés en promover disciplinas emergentes y por su vinculación a una visión de la física concebida como una ciencia aplicada (Simon, 2013, 663-665)⁴⁷.

En España, los textos recomendados en 1847 por las comisiones gubernamentales para la física experimental y los rudimentos de química eran traducciones de autores franceses. En 1850, la lista consistía ya en manuales escritos por autores españoles, como Venancio González Valledor, Juan López Chavarri, Genaro Morquecho y Francisco de Paula Montello i Nadal (Bertomeu y García Belmar, 2000, 73). En la advertencia/introducción, Francisco de Paula Montells i Nadal manifestaba los cometidos de su *Compendio de*

47 Sobre este tema, también Simon (2011).

Física experimental y algunas nociones de Química (Granada, 1849). Repetía allí el ideario de la filosofía reformista de la instrucción pública. Afirmaba que gracias a los cambios ya no se cultivan las ciencias especulativas; en su lugar han aparecido “suntuosos gabinetes” y “bien montados laboratorios”. La nueva formación que se recibe tiene la finalidad de proporcionar riqueza al Estado, de ser un bien público, en la línea de los presupuestos utilitaristas. Comentaba posteriormente los beneficios de la publicación de programas que otorgaran uniformidad a las enseñanzas. Para completar esta iniciativa hacía falta la elaboración de libros de texto que fueran claros y exentos de “pomposas teorías”, que presentaran “la ciencia con el atractivo de la naturaleza, y solo hagan uso de aquellas teorías y cálculos que pueden ser bien comprendidos de sus alumnos”.

Moreno (1988, 300) también llama la atención sobre un elemento importante relativo a la producción de estos textos. Corresponde a las “fórmulas intermedias”, obras situadas entre el programa y el libro de texto propiamente dicho. Son los resúmenes publicados por profesores, cuya intención era aligerar los manuales de referencia. Ejemplos de esta tendencia son: Fernando Santos de Castro, que escribió *Resumen de Física y nociones de Química* (Sevilla, 1865); el de Francisco López Gómez (catedrático del Instituto de Valladolid) y su *Programa explicado de Física y Química* (1868), y el de Juan Terrasa Gilbert, profesor del Instituto de Barcelona, quien en el prólogo afirma que su *Programa de la asignatura de Física y elementos de Química* (Barcelona, 1873) “no les dispensa de adquirir el texto que se les señale ni de asistir a clase. Esta obra le evitará entretenerse en extractos y apuntes propensos a inexactitudes” (cit. en Moreno, 1988, 300). La consecuencia es que se preferían nociones “claras, exactas y concisas” (según las directrices de la Dirección General de Instrucción Pública) a las reflexiones teóricas sobre los principios y fenómenos físicos o de otros campos. Junto a estas versiones, y teniendo en cuenta que el examen se convirtió en el procedimiento admitido para valorar los conocimientos, los docentes publicaban cuestionarios compuestos de preguntas-tipo, con leyes, principios y descripciones de aparatos, para que fuesen memorizados por los alumnos y pudiesen ser recitados en las pruebas⁴⁸. Un caso representativo es la obra compuesta por Luis Morón y

⁴⁸ Este es también un rasgo de la introducción de las nuevas formas de enseñanza y de control que acompañan a la asimilación de la ciencia y sus métodos en las aulas. Sobre el proceso seguido en las dependencias universitarias, escribe José Luis Peset: “Las cátedras adquieren el nombre de disciplinas modernas y su enseñanza se consagra a la lección

Liminián, profesor del Instituto de Granada, que escribió *El estudiante de Física y nociones de Química. Contestación a las preguntas que contiene el Programa publicado en 1865 por el mismo Autor* (Granada, 1868) (Sánchez Tallón, 2011, 159). La obra está dividida en dos partes, una dedicada a la física (con 450 páginas) y la otra a la química (con 68 páginas). No contiene ilustraciones, salvo al final donde encontramos seis esquemas geométricos. Así pues, se han eliminado las imágenes de los dispositivos, reducidos a una descripción sucinta o a una alusión destinada a ilustrar una ley. El texto comprende una serie de lecciones, correspondientes a los diferentes temas, que contienen diversas cuestiones numeradas⁴⁹.

Un ejemplo más en el que el profesor señala y decide, elaborando textos intermedios, qué se debía asimilar de los contenidos disponibles y, por tanto, de los aparatos empleados, son los resúmenes realizados por Victorino García de la Cruz y publicados con el título *Apuntes de física y química* (1878)⁵⁰.

magistral. Si antes la intención fue comprender al clásico, ahora se dirige a obligar a memorizar el manual, redactado por el propio profesor o traducido de algún autor moderno. Se pueden formular preguntas, por parte del catedrático al alumno o de éste a aquél y, al final de cada curso, exámenes. Esta es una novedad importante de la universidad moderna, pues la antigua tan sólo gustaba de los grados para comprobar la aplicación de los estudiantes. Ahora se examina siempre, por medio de preguntas formuladas por escrito o de forma oral, por profesores o tribunales, asignatura o en cursos completos” (Peset, 1988, 22).

49 Hemos transcrito a continuación las consideraciones relativas a la lección 67, dedicada a los fenómenos derivados de la refrangibilidad de la luz (Morón, 1868, 298): Lección 67. Refracción de la luz a través de cuerpos transparentes terminados por superficies planas.-Breve idea de la determinación de los índices de refracción.-Id. acerca de las potencias refractivas.- Id. de los poderes refringentes [...] 5. Cuando la luz atraviesa medios terminados por superficies planas, pero no paralelas, habrá siempre refracción y desvío en la visión de los objetos; pues aunque la incidencia en la superficie de entrada ó salida sea perpendicular y en ella no haya refracción ó desvío, teniendo que ser oblicua en la otra, no podrá dejar de haber en ella refracción. En este caso la que resulte será menor que al atravesar la luz oblicuamente las caras de entrada y salida, pues resultando en este caso dos refracciones, producen un desvío mayor. 6. La refracción de la luz al través de medios terminados por superficies planas no paralelas, se puede hacer ver con los prismas refringentes, presentando uno de estos á un rayo de luz; pues se ve cambiar de posición al círculo luminoso que se formaba sobre una pantalla blanca, cuando se recibía sobre ésta dicho rayo sin interposición de aquel. 7. Se da en óptica el nombre de prisma refringente ó simplemente prisma á todo prisma triangular macizo ó hueco, al través de cuyas caras pueden pasar los rayos luminosos. [...]

50 Victorino García de la Cruz (1850-1906), doctor en ciencias físico químicas, fue después de su paso por el instituto leonés, catedrático de la Universidad de Barcelona y

Este trabajo, llevado a cabo mientras fue catedrático de física y química del Instituto de León, es un texto manuscrito que el propio profesor se encargó de reproducirlo con técnicas fotográficas y electrográficas y distribuirlo entre los estudiantes.

La culminación de todo este proceso era el examen. Se elegían por sorteo unos temas (habitualmente cuatro) que se desarrollaban ante el tribunal formado por el catedrático de la asignatura y dos profesores. El análisis de los exámenes conservados nos proporciona una valiosa información sobre el lugar ocupado por los instrumentos en estas pruebas. Contamos para ello con el caso del “Examen de aspirantes a nota en Física y Química”, de 4º curso, realizado en el Instituto de Secundaria de Toledo en junio de 1901. El tema seleccionado fue la lección 35 relativa a la dispersión de la luz, simplicidad de los colores del espectro, síntesis de la luz, etc. En la exposición, las diversas referencias a los instrumentos obedecen a los resultados de la experiencia según se recoge en los libros, no se emplean los dispositivos que se mencionan (prisma, siete espejos móviles, lentes, termómetros para determinar las temperaturas del espectro...). Nos encontramos, por tanto, ante una reconstrucción ideal donde se omiten los procedimientos prácticos, así como los problemas de ajuste, que hubieran conducido a una conclusión incierta⁵¹.

Si se atiende ahora a la correspondencia entre los manuales y el material disponible para las prácticas, no debe sobrentenderse que estos últimos, en todos los casos, fueran una simple traducción visual y por tanto demostrativa de las indicaciones teóricas de los textos. Es cierto que en muchos casos es así, como cuando se representan los efectos de la presión atmosférica con un barómetro, cuando se realizan mediciones con un termómetro o cuando se confirman los efectos de una corriente en una aguja imantada, por citar algunos ejemplos. Pero en otros el propio aparato se convierte en un tema en sí mismo y su encaje en el programa, debido a la inexistencia de la correlación anterior, se produce siguiendo otros criterios. Esta constatación es pertinente para ampliar nuestra visión sobre el rango y significado de las enseñanzas prácticas atendidas en el aula. Así recientemente se ha estudiado el proceso que siguió la recepción del fonógrafo en el Instituto de San Isidro (González

de Madrid; escribió, además de diversos artículos, *Las ciencias positivas: su naturaleza y desarrollo* (s.a.).

⁵¹ La calificación obtenida fue de sobresaliente, AHPTO (Archivo Histórico Provincial de Toledo). Fondos del Instituto, 914/2, en Ruiz Alonso (2005, 198-200, Apéndice Documental).

de la Lastra, 2013b, 103-133). Como se sabe, el invento patentado por Edison data del año 1877 y solo un año después fue adquirido por el centro junto a cuatro teléfonos Bell y otros objetos. Su presencia en los manuales de física se justificó atendiendo a razones diversas: se incorpora en secciones heterogéneas, poco definidas, como en el apartado de “aparatos de acústica” junto a los instrumentos musicales, o bien como en el conocido texto de A. Ganot, *Tratado elemental de física* (Madrid, 1909) en el apartado de “tono del sonido”, donde se añade que “en la forma descrita solo tiene hoy día interés histórico” (Ganot, en González de la Lastra, 2013b, 126). Concluye la autora del trabajo que, a pesar de los esfuerzos de ubicación curricular, “no era un objeto necesario para explicar ningún principio físico (desde hacía ya tiempo diversos aparatos ilustraban la naturaleza mecánica del sonido), ni había surgido como aplicación de ninguna teoría física”.

Por tanto, ¿qué finalidad podemos atribuir a estos artefactos, salvo el de la celebración de una supuesta conquista de la ciencia aplicada, transmitiendo así el mensaje de la utilidad del conocimiento? En esta categoría de la retórica instrumental se admitirían también los teléfonos ya mencionados, los telégrafos, las máquinas de vapor... (este tema se ampliará significativamente en el apartado dedicado a la mediación cultural de los instrumentos, en el capítulo 7). La intención era pues forjar la asociación de la ciencia con la tecnología, presupuesto defendido en los círculos políticos, disponiendo los supuestos productos de la “investigación aplicada” -rostro visible de la teoría- en un programa dedicado a la física o a la química. Los centros de enseñanza, y los profesores contribuían a ello, eran lugares de recepción de novedades científicas y técnicas, transferidas por medio de los instrumentos y sus usos a docentes, estudiantes y público visitante.

La disposición de una colección de material científico diverso en los centros de secundaria otorgaba prioridad a las representaciones estandarizadas de la ciencia y promovía las asociaciones de la ciencia y la tecnología, concediendo al gabinete la función de depósito y escaparate de las innovaciones. Estos cometidos favorecían la adquisición relativamente temprana por los centros de inventos variados. Un hecho que se intensificó en el último cuarto del siglo XIX, en particular con las novedades manejables y asequibles procedentes del mundo de la comunicación, la proyección de imágenes, la fotografía, el registro del sonido y la medicina. A los factores señalados debemos sumar la consideración en la época de los institutos como referentes científicos, sobre todo en los entornos en los que no existían dependencias universitarias.

Así, los primeros ensayos realizados en Gerona con el teléfono, introducido por la casa Dalmau, tuvieron lugar en el año 1877. Estas pruebas, en las que participó Narcís Xifra, ingeniero contratado por la casa en 1875, se realizaron en el Instituto de Secundaria de Gerona⁵². Las novedades se difundían posteriormente a otros centros mediante la adquisición de los dispositivos. En el Instituto de Valencia se recibió un modelo Bell preservado actualmente en los fondos, que porta la siguiente leyenda “Real Privilegio Exclusivo de introducción en España y colonias. Teléfonos Graham Bell. Serie N2. Francisco Dalmau é Hijo Ópticos” (Simón, 2004, 255-256).

Los rayos X acompañados de sus aplicaciones radiográficas son un ejemplo de este tipo de apropiaciones, que no encajaban propiamente en los canales establecidos por los fabricantes y sus catálogos para la provisión de instrumentos, si bien eran incorporados posteriormente. Röntgen dio a conocer públicamente su descubrimiento en una conferencia que pronunció el 23 de enero de 1896, momento en el que llevó a cabo una demostración consistente en una radiografía de su compañero, el anatomista suizo Rudolf Albert von Kölliker⁵³. Poco después se advirtieron sus usos médicos y terapéuticos.

En España se conoció pronto el invento, tan solo unos días después de la presentación mundial mencionada (Sáez et al., 2007, 34). Después de las primeras radiografías llevadas a cabo en la Universidad de Barcelona, las noticias sobre estos hechos llegaban a Murcia, de la mano esta vez de José Echegaray (*Diario de Murcia*, 28 de febrero). En la región murciana se difundieron estas técnicas a través de las experiencias realizadas en el Instituto de Segunda Enseñanza de Murcia, mientras era catedrático de Física y Química José María Amigó Carruana (Sáez y otros, 2007, 45-46). Más tarde, añadió otros equipos y trabajos en este campo. Las expectativas y entusiasmo generado por las innovaciones cerraban la puerta a cualquier alusión crítica, especialmente en este caso relativa a los riesgos para el organismo derivados de la exposición a la radiación.

En el Instituto de San Isidro, el profesor Bernardo Rodríguez Largo fue también una de las primeras personas que realizó radiografías, y difundió sus conocimientos asesorando a Antonio Espina y Capo, a su vez pionero en el uso de rayos X⁵⁴.

⁵² Mirambell I Belloc (1995, 13-57).

⁵³ Donó el importe del premio Nobel a la Universidad y rechazó solicitar una patente por sus descubrimientos y consecuencias.

⁵⁴ En la necrológica escrita por este se relata el acontecimiento, *La Ilustración española y americana*, 30 de diciembre de 1900, 388 y 389.

Casos similares al visto pueden describirse al tratar otros artefactos que viajan de unos lugares a otros portando información y valores⁵⁵. Ya hablamos de la reconfiguración de los programas con el fin de acomodar piezas de elevado interés por las expectativas creadas, como el fonógrafo de Edison. Además de en San Isidro, encontramos ejemplares similares en otros institutos, como en el de Murcia y en el de Canarias. Otros aparatos que entran en esta categoría son: el grafófono de Graham Bell, diversos modelos de telegrafía con hilos, estaciones telegráficas y microtelefónicas y aparatos de fotografía.

En este capítulo se ha mostrado una parte del tipo de tareas comprendidas en la apropiación intelectual de los objetos científicos, las que afectan al aprendizaje mediante el uso de los aparatos en los contextos de trabajo y en las rutinas establecidas por la participación de los docentes en una red, en la proyección social del centro, en la inserción de los materiales en los contenidos programáticos y en la incorporación de novedades. Se advierte en estos procesos que se presentan dificultades (el caso más representativo es el de Olayo Díaz) y resistencias que no se resuelven mecánicamente y que demandan intervenciones de los usuarios para responder a los desajustes.

La segunda parte de este proceso de apropiación se examinará en el siguiente capítulo, donde la aprehensión de los objetos científicos, acompañada de un componente notable de conocimiento tácito, se lleva a cabo en el proceso de preparación de las demostraciones científicas en el aula.

55 Se incorporaban posteriormente a los catálogos de los fabricantes, por ejemplo, en Ducretet, E. & Lejeune, L. (1893): *Catalogue des instruments de précision: Physique générale*. Paris. pp. 209 y ss. (sobre el fonógrafo de Edison aludido y otros dispositivos). Los primeros manuales donde se describen estos equipos son: Esriche (1899, 281), el 10 de febrero de 1896 había obtenido unas fotografías en la Universidad de Barcelona, y Valladares (1900).

CAPÍTULO 6

LOS OBJETOS EN EL AULA

1. La experiencia del artefacto demostrativo

a. Experiencias y dogmas

En el Real Decreto de 1859 se describía el modelo de aula vigente en ese tiempo, que se mantuvo hasta bien entrado el siglo XX, como puede comprobarse por las fotografías de esa época (véase la fig. 14). En ella la cátedra del profesor estaba elevada, con objeto de ver a todos los discípulos y ser oído con claridad. Esta disposición favorecía la lección magistral y la intervención exclusiva del docente en la elaboración de las demostraciones.

Pero había otras disposiciones que permitían un acceso más directo y próximo. Mesas situadas en los gabinetes, junto a los armarios para alojar los instrumentos, servían igualmente para realizar las demostraciones. E igualmente las mesas-pupitre de una o dos plazas alineadas. En el Instituto de Toledo, por señalar un caso, en el curso 1916/17 se empezaron a sustituir los bancos corridos por pupitres bipersonales (Ruiz Alonso, 2005, 69).

Los decretos, desarrollos e instrucciones de los periodos comprendidos en este estudio han estado insistiendo en la pedagogía de la experimentación y la demostración como procedimiento de enseñanza propio de las ciencias, como en el de Groizard de 1894¹. En otros, como en el plan de Eduardo Callejo en la dictadura de Primo de Rivera, se reconocen los trabajos prácticos como necesario complemento, así como “corrección y mejora de los conocimientos teóricos”. El propósito aquí es dilucidar por medio de las ejecuciones prácticas en los contextos de trabajo el alcance y significado de estos términos.

Sobre la presencia y uso de los instrumentos en el aula, contamos con diversos testimonios. En unos se ha podido confirmar que los objetos se empleaban en las lecciones del temario; en los otros, además, se añaden aprecia-

1 Real Decreto de 25 de agosto de 1926 sobre reforma de Bachillerato, Colección Legislativa de Instrucción Pública, año 1926, Madrid, págs. 508-518 (Historia, 1985, III, 218-227). Decía así el decreto en este apartado: “Se realizarán los de Laboratorio o Seminario adecuados a la índole de cada asignatura en las horas de la tarde en las Permanencias que establece el art. 15” (Historia, 1985, III, 225).

ciones de gran interés. Así, sobre Francisco Cánovas Cobeño, catedrático de Historia Natural del Instituto de Lorca² (suprimido en 1883 por el Ministerio de Fomento), un antiguo alumno recordaba con agrado las conversaciones que mantenía con su profesor mientras preparaba los “cachivaches necesarios para las explicaciones de Física” (Delgado et al., 2010, 53). En el Instituto de San Isidro, sobre el profesor Luis Olbés Zuloaga, catedrático desde 1905, Ezquerria Abadía, un alumno, decía lo siguiente: “

La clase de física y Química, de 5º y 6º, estaba explicada por Luis Olbés [catedrático desde 1905], secretario asimismo del Instituto. Era un hombre rígido, seco, severo, autoritario, nada afable –todo hay que decirlo–, que tenía la clase en un puño, sin que nadie osara desmandarse, en contraste con otra que mencionaré. Ya mayor, delgado y de una energía que no parecía de acuerdo con su aspecto. Explicaba muy ampliamente la física y no había aparato mencionado en el texto que no sacara en clase y experimentara con él, pues el gabinete de Física del Instituto estaba muy bien surtido y quizá fuera de los mejores entre todos los centros análogos [...] En Química hacía que un grupo selecto de alumnos realizara prácticas en el laboratorio a que se refiere Baroja. Cayó Olbés enfermo y terminó el curso un auxiliar con quien se desquitaban los alumnos de la disciplina a que los tenía sometido aquel (Gavira, 1973, 12).

Santiago Ramón y Cajal, en la primera parte de su autobiografía, dedicada a la infancia y a la juventud y publicada cuando tenía poco más de cincuenta años, repasa las impresiones de su paso por el Instituto de Enseñanza Secundaria de Huesca. Cuenta en las líneas dedicadas a la clase de Física y Química, correspondiente al quinto y último curso de bachillerato (años 1868-69, es decir, cuando contaba 16-17 años) que el profesor –Serafín Casas– explicaba los temas de forma sencilla y clara, despojando los contenidos de recursos matemáticos (ecuaciones e integrales).

En cambio, cada ley o propiedad esencial era comprobada mediante experimentos concluyentes, que venían a ser para nuestra ingenua curiosidad juegos de mano de sublime taumaturgo. Con embeleso y atención cada vez más despierta, mirábamos colocar sobre la mesa los imponentes y extraños aparatos, muy especialmente las formidables máquinas eléctricas de tensión, entonces de moda. Dejo apuntado ya cuán interesante encontré la Física, la ciencia de los milagros. La óptica, la electricidad y el magnetismo (que entonces caían bajo el epígrafe general de fluidos imponderables), con sus maravillosos fenómenos,

2 Posteriormente fue provisionalmente catedrático de Física y Química y de Historia Natural en el Instituto de Murcia; sobre su trayectoria, Romero (2005, 11-24) (disponible en línea).

teníanme embobado. Claro es que las nociones adquiridas entonces fueron harto elementales.³

El texto, aunque breve, proporciona una valiosa información sobre la manera de proceder en la época con el material disponible, así como con la forma de interpretar las operaciones llevadas a cabo por el docente. Me centraré ahora en lo segundo, pues es un reflejo de la mentalidad y la terminología positivista. El principal problema que surge aquí es determinar qué quería decir Cajal con “experimentos concluyentes”, cuando se refiere a la comprobación de leyes o de propiedades. ¿En qué sentido entiende un experimento, teniendo en cuenta los medios existentes? ¿Por qué es esa operación concluyente? Esta expresión se contradice con lo afirmado sobre las manipulaciones observadas, consistentes según él en “juegos de mano”, como si el profesor obtuviera resultados sin que hubiera una causa aparente, lo que impide conocer qué se está comprobando.

Más elocuente es el relato de Miguel de Unamuno sobre su paso por el Instituto de Vizcaya entre los años 1876 y 1880, que reconstruye en *Recuerdos de niñez y de mocedad* (1908). Seguidamente se reproducen algunos párrafos, los concernientes a las clases de física, con evidencias sobre lo que sucedía en las aulas.

En los primeros fragmentos que seleccionamos, Unamuno nos ofrece las impresiones sobre el último año en el Instituto y sobre el catedrático de Física, Manuel Naverán, así como sobre el ambiente en el que discurrían sus explicaciones:

No hay, después del primer curso, otro más deseado, durante el bachillerato, que el último. Es el más divertido, el de los experimentos, y aquel en que nos envidian los alumnos de los cursos interiores. En física hay juegos de manos, en agricultura paseos al jardín, en historia natural exposición de piedras, bichos y plantas. [...]

Aun me parece oír al excelente Don Manuel, el físico, gritarnos: “¡Esto da grima! ¡me están ustedes matando! ¿Ustedes quieren que el catedrático muera?”. Y nosotros a coro: “¡Sí, sí!”. Y creo que si con nuestras intemperancias le acertamos la vida –que fue larga– en sus últimos años le eran necesarias. Cuando en los días solemnes, después de haber hecho con éxito algún *experimento*, nos miraba, era de ver la expresión placentera de su rostro característico al recibir nuestros ruidosísimos plácemes en estruendosos aplausos acompañados de tal cual pateo. Una sonrisa de triunfo iluminaba aquel rostro que se antojaba de muy sabio. [...]

3 Ramón y Cajal (2006, 238). Digamos, de paso, que obtuvo un aprobado en esta asignatura.

Si el experimento era de óptica se cerraban las ventanas, y ¡allí era Troya! Los gritos, los alaridos, las patadas, hacían que Don Manuel, indignado, renunciara al experimento. Y a pesar de saberlo de otros años, no escarmentaba.

Posteriormente ofrece detalles de los “experimentos” que tenían lugar en clase:

Así es como la cátedra de física fue, para mí por lo menos, una pura distracción. No aprendí en ella casi nada y ni de las fuerzas, ni de sus leyes, ni de su acción, averigüé cosa. Lo mejor que recuerdo es cómo bajaba la plomada de la máquina de Atwood, la sacudida del aparato eléctrico, que al arrancarnos un estremecimiento provocaba la plácida sonrisa de aquel rostro de sabio, y su grito de: “Me están ustedes matando!” cuando estábamos dándole vida (Unamuno, [1908] 2012, 118-119).

No deben asociarse estas revelaciones con una prematura actitud unamuniana contraria a la ciencia, ya que en las páginas anteriores y en las posteriores deja claro su interés tanto por las matemáticas como por la historia natural. Esta última en particular le pareció de gran provecho por los ejercicios y prácticas propuestas. No obstante, estos testimonios nos parecen indicativos de una percepción sobre el uso de los objetos que en parte coincide con la de Ramón y Cajal. Comienza Unamuno aludiendo, por ejemplo, a las lecciones de física con la expresión “juegos de manos”. Retiene algunas imágenes y sensaciones, la asociada con la máquina de Atwood o con el ingenio eléctrico, del que se obtienen “sacudidas”, las clásicas descargas producidas por la máquina electrostática. Todo parece formar parte de una representación de la que no se recuerdan las causas, los principios o propiedades vinculadas a las demostraciones. El significado del término “experimento”, como efecto de “experimentar”, corresponde tanto en Cajal como en Unamuno, a la acepción incorporada al Diccionario de la Real Academia de la Lengua desde el siglo XVIII, es decir la de “probar y examinar prácticamente la virtud y propiedades de alguna cosa”. Una noción que se distingue de la que posteriormente se incorpora al vocabulario procedente de los trabajos propiamente científicos, y particularmente de las ciencias físico-químicas, consistente en “hacer operaciones destinadas a descubrir, comprobar o demostrar determinados fenómenos o principios científicos”⁴. Seguidamente, se analizarán más am-

4 Pero esta ya es posterior a 1925. “Experimentar”, en INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN RAFAEL LAPESA DE LA REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (2013): *Mapa de diccionarios* [en línea]. <<http://web.frl.es/ntllet>> [Consulta: 12/12/2017]

pliamente los significados de estas experiencias en los contextos demostrativos de las aulas.

Los fabricantes llevaban a cabo en sus talleres, como ya vimos, una interpretación de las novedades científicas y de los programas escolares y ofrecían objetos estandarizados sobre qué podía visualizarse y manipularse en las demostraciones. Las distinciones y categorías que habitualmente se establecen en los múltiples artefactos fabricados (entretenimiento, medida, demostración...) no son útiles a la hora de entender su función, ya que estas divisiones artificiales no nos ofrecen información relevante sobre cuáles eran sus usos reales. Además, muchos dispositivos no encajaban solo en un apartado. En la práctica, como se verá, eran productores de fenómenos, aparatos destinados a captar la atención del público y a construir un catálogo de imágenes estandarizadas que suplantasen los fenómenos naturales y su complejo proceso teórico-práctico de estudio.

¿En qué consistía o qué significaba entonces una demostración científica en el marco de la formación secundaria, un espacio dedicado a educar la experiencia, a definir qué era importante y qué se debía ignorar? Para responder a esta pregunta nos basamos, primero, en las interesantes contribuciones de Claudette Balpe (2002) sobre el uso de los gabinetes en los *lycées* franceses del siglo XIX. En este trabajo se establecen los límites en los que se desenvuelve la acción de los profesores en las aulas y el significado que asignan a los materiales disponibles en sus prácticas docentes. Si bien el estudio mantiene el foco en la situación francesa, no observamos inconvenientes para extenderlo a la española.

Afirma la autora que es sobre todo a partir de 1837, como resultado de las medidas estatales emprendidas, cuando se encuentra una nutrida presencia de material científico en los establecimientos, con una media de 250 objetos en los más importantes. La demostración es a partir de esos años y durante la segunda mitad del siglo la práctica docente sobre la que pivota la transmisión de contenidos científicos. Balpe, para describir sus presupuestos, se refiere al sentido que tiene la experimentación en épocas precedentes⁵. Para los demostradores itinerantes, o para quienes empleaban los múltiples artefactos reunidos en las dependencias que contaban con gabinetes, las experiencias públicas tenían el sentido de mostrar los aspectos desconocidos del mundo y de su funcionamiento a un público curioso, con ganas de satisfacer su apetito

5 En general sobre los significados y usos de la experiencia, el experimento y las representaciones, Dear (1990), Daston y Galison (1992 y 2007) y Licoppe (1996).

de saber. Los asistentes no precisaban conocimientos previos y precisos: “la propia experiencia ocupa su lugar”. Así, esta representa el elemento central de la demostración, se constituye en el medio que nos permite conocer las propiedades del mundo y también en un instrumento idóneo para la enseñanza. Mientras el demostrador o el profesor hablan se muestra la experiencia para trasladar al orden observacional los fenómenos que se han contemplado y que previamente se han anunciado. Esta simultaneidad o asociación es la que confiere a esa experiencia el estatus de “prueba” y ofrece así solidez y coherencia al discurso estrictamente teórico. Es, en definitiva, el complemento persuasivo y ejemplarizante de las afirmaciones que se realizan.

Pero en el marco de la enseñanza y de las reformas oficiales aplicadas en el nivel secundario, nos asegura Balpe, la demostración se inscribe en un contexto en el que se reproducen verdades dogmáticas. No constituye una verdadera experimentación. El profesor enuncia una ley y menciona la experiencia que supuestamente la confirma, lo que podría entenderse como una verificación de la misma. Sin embargo, la experiencia específica no llega a realizarse, se sustituye por una descripción del material empleado por el investigador. Los aparatos se trasladan a la clase para que los estudiantes los observen y anoten sus características. La enseñanza adquiere así un carácter enciclopédico y memorístico. De igual manera, los profesores representan su tarea como personas dedicadas a replicar un saber ya existente, establecido y permanente, y no a cuestionar una verdad que pertenece al investigador de referencia. Emulan al científico exponiendo los fenómenos que pueden identificarse en la naturaleza, como cuando se exponen los efectos de la introducción de dos metales en agua acidulada, del frotamiento de dos barras de resina o de la atracción de diminutos trozos de papel. Estas experiencias se relacionan con la existencia de electricidad en la materia. Como los docentes emplean aparatos semejantes a los originales, se transmite una imagen de autenticidad al emular el descubrimiento realizado en el pasado. Se trata por tanto según la autora de una *reconstrucción histórica*, donde se eliminan los elementos controvertidos e inciertos⁶.

6 Un caso paradigmático de la “experiencia histórica” es el prisma de Newton: representaba uno de los “experimentos cruciales” de la ciencia, en este caso en el campo de la óptica; su manejo práctico era aparentemente sencillo y simple, ya que bastaba con disponer de un cuarto o cámara oscura, un prisma y un soporte; era visualmente atractivo, dado que proyectaba sobre una pared una imagen consistente en el espectro solar, análogo a esa visión familiar y espectacular que es el arco iris y, por último, sin ser menos importante, venía avalado por una autoridad de la cultura científica: Isaac Newton. Estudios históricos,

En una línea similar al trabajo expuesto, Paolo Brenni (2011) se pregunta sobre si eran o no empleados los instrumentos científicos, que para los propósitos de nuestro estudio significa saber qué se hacía en las demostraciones y cómo los profesores vinculaban los aparatos con las clases y los programas. El autor emplea para definir la enseñanza de la ciencia varios apelativos: es dogmática, fenoménica y descriptiva, con una clara inclinación por los procedimientos inductivos. En este marco los instrumentos contaban con una destacada presencia en los manuales y en las lecciones. Una de las tareas asumidas por los profesores de Física y Química, además de las alusiones a los grandes científicos y a las conquistas de la técnica, era la descripción y el intento de replicación de experimentos históricos y fundamentales de la ciencia, coincidiendo así con la anterior descripción de Balpe (la clásica pila de Volta no era empleada como un suministro de corriente continua, sino como un ejemplo histórico de un gran logro científico). Se mostraban los aparatos, pero no se manipulaban. Uno de los argumentos que emplea para respaldar esta idea es la dificultad que existía para reproducir las experiencias según las instrucciones de los manuales.

en particular los llevados a cabo por Simon Schaffer (1989) han puesto de manifiesto desde una perspectiva constructivista que el consenso alcanzado en torno al carácter concluyente del experimento del prisma fue de naturaleza social. Podemos añadir otros ejemplos, como las experiencias con la bomba de vacío (los aspectos controvertidos de estos experimentos se mostraron en el estudio ya clásico sobre la máquina neumática de Shapin y Schaffer [1985, 238-272]). Estas representaciones se incorporaron al acervo de demostraciones estándar de la física experimental en el siglo XVIII (Pyenson y Gauvin, 2002, 105 y 164). Los catálogos contribuían a esta perspectiva demostrativa estandarizando una experiencia cuyos efectos estaban previstos y donde se anticipaban los posibles errores (véase Griffin & Sons, 1873, 151-152); de esta forma se eliminaba cualquier posibilidad de generar especulaciones acerca de problemas de la teoría o de tipo técnico. Así, en el caso de la campana para la experiencia de la transmisión del sonido en el vacío, se contaba con un dispositivo económico y manejable que podía acoplarse a la platina de una máquina neumática (a uno de los modelos que aparecían igualmente en las imágenes del catálogo). Se extraía el aire accionando las bombas, se desenroscaba y se agitaba por el profesor frente a los estudiantes, quienes –se supone– no eran capaces de oír el tintineo. Simplemente, por tanto, la información que recibía el público asistente era que en condiciones normales el ser humano no percibía el sonido cuando no había aire en el interior de la campana. Una experiencia por ello muy específica y de reducido alcance científico que, incluso, podía despistar sobre las variables fundamentales de las propiedades examinadas, entre las que no se encuentra el aire como elemento, sino las condiciones del medio material, sea este sólido, líquido o gaseoso. No existían variantes ni otros procedimientos para mostrar la transmisión del sonido en otros soportes.

2. La experiencia personal: replicación y conocimiento tácito

El último problema planteado por Brenni, el que tiene que ver con la transmisión de los conocimientos tácitos, abre nuevas perspectivas de aproximación a los temas estudiados. Las demostraciones en los lugares aludidos anteriormente requerían un dominio del utillaje empleado. Había que tener en cuenta para ello que los aparatos variaban mucho de unos a otros, pero todos ellos exigían un periodo de uso y familiarización que no se resolvía con la simple lectura y comprensión de las instrucciones (a pesar de la mensajes publicitarios de los fabricantes, que insistían en su sencillez y simplicidad⁷). En los primeros pasos del uso de las placas de Chladni, un aparato de acústica pensado para visualizar en una superficie metálica cubierta de arena diferentes modos de vibración, no se obtenía ninguno de los patrones previstos; solo se lograban después de un periodo de múltiples ensayos, momento en que se comenzaban a vislumbrar algunas de las figuras que el físico alemán Ernst Chladni había identificado y que eran reproducidas recurrentemente en los manuales (véase la fig. 15)⁸.

Estas cuestiones nos trasladan a las singularidades del conocimiento técnico y, más particularmente, a la relevancia que en esta dimensión tiene el conocimiento tácito. Desde hace un tiempo se viene llamando la atención sobre la importancia de contemplar estos conceptos en los estudios relativos a la cultura de la tecnología. En este sentido, Michael Polanyi publicó ya en el año 1967 la obra *The tacit dimension*,⁹ de gran influencia en la filosofía de la ciencia y de la tecnología, especialmente en los sectores que cuestionaban

7 Siempre en torno a la tecnología se transmite el mensaje, heredado histórica y culturalmente, de que esta sirve para ayudarnos y simplificar nuestra vida.

8 El uso aparentemente simple de las linternas de proyección conllevaba en realidad diversas dificultades de ajuste, en general, y con las fuentes luminosas, en particular. Los espectáculos exigían una cuidadosa preparación y la superación de numerosos problemas, como ponen de manifiesto las descripciones de los linternistas. Aunque el aparato fuera de buena calidad, demandaba una considerable destreza por parte de la persona que lo manipulaba (Morus, 2006, 108). Estos problemas podían superarse con la experiencia que aportaban largos periodos de ensayos, pero es dudoso que el profesor en el contexto del aula contara con tiempo y margen suficiente para convertirse en un modesto experto en el manejo de estos artefactos.

9 Anteriormente en 1958 había publicado *Personal Knowledge. Towards a Post-Critical Philosophy* (Chicago, University of Chicago Press, 2012), donde anticipa las conclusiones que se mencionan aquí.

las posturas del positivismo lógico. En esta corriente se enmarcó el trabajo de Eugen Ferguson dedicado a explorar las fuentes del conocimiento técnico, donde no se admitía que este procediera de planteamientos exclusivamente científicos y formales (Ferguson, 1977, 827-836). En el artículo publicado en *Science* (1977) afirmaba que “muchos rasgos y propiedades de los objetos que los tecnólogos tienen en cuenta no pueden reducirse a expresiones verbales inequívocas; se contemplan en su mente mediante un proceso visual, no verbal”. Basándose en las ideas de Polanyi, otros autores mantienen igualmente al referirse a este tipo de conocimiento que las “Descripciones, los diagramas y las ilustraciones ayudan a explicar el conocimiento tácito, sin embargo, este depende en una medida importante de la práctica y de la experiencia” (Herschbach, 1995, 35-36).

Por tanto, a la hora de aplicar los presupuestos citados y valorar la incidencia de las enseñanzas prácticas hay que prestar atención al tiempo dedicado por profesores¹⁰ y estudiantes a la adquisición de las destrezas necesarias trabajando en solitario o codo con codo con el técnico experimentado.

La atención al conocimiento tácito ha sido especialmente valiosa para entender los resultados derivados de los análisis históricos efectuados con los procedimientos de replicación de experimentos. Desde la obra editada por Blondel y Dorries (1994) se han sucedido otras aportaciones, entre las que destacan las de Heering (por ejemplo, “Analysing unsuccessful experiments with the replication method”, en Guijarro y Sellés, 2005). Los problemas a la hora de reproducir las conclusiones de los manuales, siguiendo exclusivamente sus explicaciones, ponían de manifiesto que además de las indicaciones había que tener en cuenta las habilidades del demostrador, hecho que contrasta, como se advirtió, con la retórica del sector industrial.

Diversos dispositivos estudiados con este método muestran igualmente la disparidad existente entre la práctica y las previsiones teóricas. Uno de ellos fue la balanza de torsión eléctrica de Coulomb, objeto presente en las colecciones de los gabinetes (véase la fig. 16), reproducido por Heering siguiendo las indicaciones del investigador francés. Según las conclusiones del trabajo, no era posible llegar a las leyes básicas de la electrostática atendiendo exclusivamente a las instrucciones formales expuestas por Coulomb. Por tanto, para la comprensión del dispositivo experimental había que añadir un componente no explícito de habilidades personales¹¹. Uno de los factores que hacía in-

¹⁰ Véase Melcón (1992).

¹¹ Heering, en Blondel y Dorries (1994).

viable la balanza de torsión eléctrica para las demostraciones era su elevada sensibilidad y por ello su alta exposición a los errores.

De igual manera, señala Heering, la medida de la cantidad de calor con el calorímetro de hielo (otra de las piezas clásicas de los gabinetes, el llamado “calorímetro de Lavoisier”) se prolongaba durante varias horas; para la realización de la experiencia se necesitaba una temperatura de entre 4°C y 0°C , y lo único que se podía observar era un instrumento cuya tapa estaba cubierta de hielo (Heering, 2011, 26).

Brenni alude a los elementos temporales del modo de vida en las aulas como un factor más que el profesor debía administrar a la hora de emplear los materiales disponibles. Las experiencias demandaban tiempo. El autor cita el testimonio de un profesor, que reproducimos íntegramente por su interés¹²:

Una clase no sería suficiente para ilustrar la construcción de la máquina de Atwood y sus mejoras. Se necesitarían varias horas para ejecutar con una cierta precisión todas las operaciones que son necesarias para pesar un litro de agua o cualquier gas. Y también los experimentos para verificar las relaciones entre el tono de un sonido y el número de vibraciones por segundo, así como la determinación del coeficiente de dilatación o el calor específico de un cuerpo sería muy largo. Es evidente que en esta circunstancia sería necesario disponer no solo de muchas horas a la semana sino el horario completo para explicar los fundamentos de la física.

Otros aparatos de gran complejidad, como el cronoscopio de Hipp, el analizador de sonidos de Koenig y el banco de Melloni eran adquiridos, según Brenni, para incrementar la reputación del gabinete y, por tanto, de la institución. La realización completa de las experiencias asociadas a estos dispositivos hubiera demandado tres semanas al menos.

Similares conclusiones se plantean cuando contemplamos otros aparatos, como el electroscopio o el aparato diseñado por Joule para calcular el equivalente mecánico del calor. El primero exige un largo tiempo de ensayos y destrezas para conseguir, en el mejor de los casos, un movimiento imperceptible de las láminas de pan de oro dispuestas en el interior de una campana, completamente inaccesible al auditorio de una clase si no aplicamos un sistema de proyección. En cuanto a la versión pedagógica del segundo, Brenni “está seguro de que el aparato de Joule diseñado por Max Kohl no estaba pensado

12 Boltshauser, G. A. (1866): “Riflessioni sull’ordinamento dei Gabinetti di Fisica delle Scuole Secondarie”. *Rivista contemporanea nazionale Italiana*, XLV, 272–285 (cit. en Brenni, 2011, 290).

para la realización de medidas sino simplemente para mostrar cómo se podían hacer” (Brenni, 2011, 27).

La preparación de las clases era el momento en el que los profesores asimilaban mediante ensayos y errores los pormenores de los dispositivos que manejaban y, al mismo tiempo, observaban las dificultades que suponía la representación de los resultados previstos. Contamos con las alusiones a los trabajos que precedían a las lecciones llevados a cabo por el ya mencionado Francisco Cánovas. En ellos hay anotaciones sobre el funcionamiento de diversos instrumentos, como el “molinete de Watman”, la sirena acústica y la máquina de Atwood (Delgado et al., 2010, 53-55)¹³.

El primer instrumento mencionado es en realidad el molinete de Woltmann, un medidor de corrientes debido al ingeniero alemán Reinhard Woltmann. El profesor señala que al artefacto le falta el pie de hierro. Después, alude a cómo debe acoplarse una pieza que sirve de timón y cómo debe orientarse para realizar las medidas. Posteriormente anota unas instrucciones básicas que sirven para ajustar las diferentes ruedas que contiene, con el fin de dejar el aparato preparado para su uso: “[Bájese] luego el elástico que hay en la parte superior junto a las paletas, se le hace dar vueltas a estas, hasta que el o de la rueda interior se enlaza con el tope que tiene en el semicírculo la otra rueda [que] corresponde horizontalmente al eje de la primera”¹⁴. Con la máquina de Atwood utiliza expresiones que muestran el uso personal de los apuntes, así como las diferencias con las instrucciones de los manuales, los desajustes que observa en el aparato y los usos en los que está interesado. Según afirma, si se quiere que una de las pesas descienda según los principios de la gravedad, “basta colocarle una rodaja de dos gramos de peso”. De esta forma se “ve” que solo con esos dos gramos se pone en movimiento. Cánovas no sigue la terminología técnica empleada habitualmente; en lugar de los vocablos habituales “laminilla”, “planchita de latón”, “disco” o “anillo”, usa uno más coloquial: “rodaja”¹⁵, propio de un lenguaje personal, que desconocemos si se reproducía después en las clases. Sobre este último mecanismo anota los desajustes entre

13 Se han indagado igualmente en este tipo de trabajos, a partir de las notas de un alumno universitario (Dartmouth College), los problemas prácticos que se presentan a la hora de reproducir los resultados previstos en un manual: en una experiencia con poleas y la ley del paralelogramo de fuerzas, por ejemplo, advierte que debido al rozamiento y la rigidez de las cuerdas, las medidas varían y no puede obtenerse una gran precisión (Kremer, en Heering y Wittje, 2011, 264-265).

14 AML. Fondo Cánovas Cobeño. 1. Notas científicas (máquina de Atwood).

15 AML. Fondo Cánovas Cobeño. 1. Notas científicas (máquina de Atwood).

las previsiones y las observaciones que se pueden apreciar, en este caso relacionadas con el procedimiento para medir el tiempo, consistente en las señales acústicas procedentes de un reloj de péndulo. Esta referencia nos ha servido a su vez para identificar el manual que se empleaba para los ensayos previos con estos artilugios, que era el de Manuel Rico y Sinobas y Mariano Santisteban, *Manual de Física y elemento de Química* (Madrid, 1882)¹⁶.

El lenguaje personal, con apreciaciones particulares empleado en estas anotaciones se diferencia claramente del lenguaje normalizador, universal, neutral y monosémico de los manuales. Se aprecia igualmente que en los ensayos se detectan efectos imprevistos y leves incumplimientos de las previsiones que no aparecen señalados en los libros de texto, donde como ya se había advertido se han eliminado los aspectos problemáticos.

3. El desmantelamiento del objeto prefabricado

La revisión de una pedagogía de la ciencia centrada en el uso del objeto prefabricado procedió de varios frentes ligados a la acción educativa. Uno de ellos derivó del conocimiento personal asociado al trabajo de familiarización con la composición y funcionamiento de los aparatos. En general, el descubrimiento por parte del profesor de una realidad vinculada al uso de la instrumentación y a su dominio, cuyas bases no se ofrecían en la información expuesta en las obras, influyó en la promoción de un aprendizaje no asentado en la mera contemplación de una realidad ya construida.

Cabía por tanto distinguir tres realidades en el proceso de aprendizaje. Una consistía en la reproducción del principio científico descrito en el manual, otra en la descripción del aparato (ambos explícitos y formales), pero otra muy diferente era el dominio del funcionamiento real del dispositivo. La identificación de esta última dimensión junto con su valor pedagógico condujo a plantear una forma diferente de enseñar los contenidos científicos. Para asimilar estos conocimientos el estudiante debía participar en la fabricación tanto de los objetos como de las soluciones a los problemas planteados. La instrucción tiene lugar, por tanto, de una manera similar a como se aprende un oficio, una idea que nos remite a los valores defendidos por Cossío en el seno del Museo Pedagógico (véase el primer capítulo)¹⁷.

16 Forma parte de un listado de manuales que aparecen en otro documento del profesor, AML. Fondo Cánovas Cobeño. 1. Notas científicas (ediciones).

17 Véase sobre este tema Jerome Ravetz, "Science as Craftman's Work" (1996, 101-103).

Los profesores advirtieron desde la práctica diaria que había discrepancias entre los medios empleados –los artefactos prefabricados– y los fines –la enseñanza de la realidad científica–. Esta constatación condujo a un replanteamiento de las relaciones entre los profesionales de la educación y la industria. Así, el docente debía participar activamente en el diseño de los artefactos que formaban parte de sus lecciones.

Uno de los ejemplos de esta nueva perspectiva fue el profesor Tomás Escriche. Premiado en exposiciones nacionales e internacionales, sus ideas relativas al material didáctico se exponen, por ejemplo, en su “Catalogo explicado e ilustrado de los instrumentos de Física y Cosmografía” (1883) y en los artículos de “La física y su enseñanza” (1888). En la línea de las corrientes asumidas en Inglaterra y en Francia, promovió la construcción de instrumentos que se ajustaran mejor a una formación orientada al dominio de métodos experimentales rigurosos.

Elaborado mientras era catedrático de Física y Química del Instituto de Guadalajara, en el catálogo citado se informa en la cubierta que ha recibido reconocimientos en la Exposición Regional de León (1876), en la Exposición Provincial de Guadalajara (1876) y en la Exposición Pedagógica (1882). En la introducción que precede a la exposición de los diferentes objetos diseñados por él y fabricados por el relojero Juan Alaminos aparecen, en la línea comentada en el capítulo anterior, indicaciones sobre los cambios que deben asumirse en las orientaciones educativas de la ciencia. Se acepta, como es propio del discurso docente, el carácter experimental¹⁸ de las materias científicas, y de aquí se infiere la relevancia que tienen los instrumentos en la enseñanza. Más adelante, afirma que se debe tender a reducir la complejidad de los dispositivos manejados en las prácticas de clase, e incluso que estos, los propios instrumentos, son *prescindibles*. En realidad, lo que Escriche quiere transmitir es que se debe pensar en la elaboración de instrumentos que tengan realmente un propósito pedagógico, es decir, superar la tendencia dominante basada en el diseño de aparatos que son meras réplicas de los originales empleados por los científicos en sus investigaciones y descubrimientos. Este

18 “Experimental” tiene aquí un significado poco preciso: se admite como experimental la historia natural, que está más bien basada en una metodología observacional crítica y sistemática. Según sus *Elementos de física y nociones de química* (Barcelona, 1891), la experimentación la entiende como una tarea dedicada a la corroboración de las proposiciones que sintéticamente se van deduciendo, no como un método de redescubrimiento (Zamoro, 2015, 132).

modelo de fabricación había condicionado una forma de representar y enseñar la ciencia, la expuesta en la primera parte del presente capítulo. Eran, por tanto, los docentes quienes debían apropiarse de las iniciativas que afectaban a los principios del aprendizaje, hasta ese momento en manos de gobiernos y constructores.

De esta manera, propone diversos modelos que aparecen en el catálogo dedicado a instrumentos de física y cosmografía de 1883 y en “La física y su enseñanza”. Los primeros, sobre los que no solicitó privilegios de invención con la finalidad de que fuesen accesibles a un público más amplio (otro desafío a la industria), estaban disponibles de la forma que indica en el siguiente anuncio:

Los aparatos comprendidos en este catálogo, pueden verse en casa del inventor, en Guadalajara, y también en Madrid en el taller del relojero constructor D. Juan Alaminos, calle de Moreno Rodríguez, 5, y en algunos escaparates, entre otros los de la casa Usabiaga y compañía, plaza del Callao, núm. 28 (Escriche, 1883, 29)¹⁹.

En la primera parte del catálogo se describen diez modelos pertenecientes a la explicación de principios mecánicos. Uno de ellos es el “Aparato hidrodinámico de nivel constante”, que se reproduce en *Catalogue des Appareils pour L'Enseignement de la Physique* ([1905], 156) de Leybold Nachfolger²⁰, donde se cita al autor. La segunda parte está dedicada al sonido, a la luz y al calor. La tercera, a la cosmografía, donde describe un telurio y un selenurio. En los artículos de “La física y su enseñanza” alude a otros dispositivos didácticos, consistentes en cuadros fijos y móviles, cuyo cometido es exponer esquemáticamente los principios de determinados fenómenos físicos²¹, un recurso que ya aparece en el *Catálogo* dentro del apartado dedicado a la propagación del movimiento ondulatorio.

Escriche siguió acudiendo a diversas convocatorias: en la Exposición Uni-

19 En la Memoria del Instituto de Logroño del curso 1883-1884 encontramos referencias a la compra de instrumentos pertenecientes a esta colección.

20 La referencia, acompañada de una imagen, decía lo siguiente: “Appareil hydrodynamique à niveau constant, pour toutes les expériences concernant les vitesses d'écoulement, d'après Escriche”. También se adquirió un modelo para la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Central, González de la Lastra y Martín (2000, 232).

21 Elogia en este contexto los atlas destinados a la enseñanza intuitiva de Theodor Eckardt, publicados en *Die Physik in Bildern* (Esslingen, 1881).

versal de Barcelona (1888), en el Palacio de Ciencias, presentó un modelo de máquina de Gramme, que terminó formando parte del gabinete del Instituto de Bilbao (Zamoro, 2015, 124). Aquí recibió una medalla de oro. También acudió a la Exposición Universal de París de 1900, donde expuso según el *Catálogo de los expositores de España*²²:

Material de enseñanza consistente en varios instrumentos de mecánica, física y química de su invención. La colección contiene aparatos de Mecánica, Física, Química, Cosmografía y Geografía y está formado por 34 aparatos citados en el catálogo.

Aquí fue reconocido con un premio similar²³.

Escriche se mostró crítico en sus publicaciones con los métodos de enseñanza, que no dependían, según él, de la abundancia de piezas de los gabinetes. Mantenía que los experimentos de cátedra eran deficientes y criticaba a los profesores que una vez al año mostraban una locomotora a sus alumnos, quienes “apenas sacarán más fruto que la pueril fruición de haber visto andar un pequeño tren; porque en la complicación de órganos de una máquina tan acabada y completa, apenas si le será posible desentrañar y aislar con el pensamiento lo que hay en ella de esencial” (González de la Lastra y Guijarro, 2012, 88)²⁴. Pero Escriche no fue un renovador en otro de los sentidos expuestos en este trabajo, el que promovía una enseñanza de la ciencia basada en la transmisión de habilidades experimentales a los estudiantes. De ahí el debate mantenido con José Cabello Roig en las páginas de *Madrid Científico* (1904).

Desde otros sectores se plantearon similares apreciaciones que alteraban la forma tradicional de transmitir los conocimientos científicos en los espacios educativos y que significaban un reto a los patrones industriales. Lozano, vinculado al Museo Pedagógico, exponía en el *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza* (1912) diversas reflexiones que afectaban a la manera de enseñar las materias experimentales. En una de las colaboraciones (1912a) afirma que para la comprensión de estos contenidos no es necesario una asignación copiosa de material; es posible realizar esta tarea aunque no se disponga de un laboratorio. Basta con una adecuada formación del maestro, cuya destreza y buen hacer provoca el entusiasmo del alumno, “a quien la acción interesa y

22 Comisión Ejecutiva (1900, 30).

23 *Gaceta de Madrid*, 9 de enero de 1901, 107.

24 Véase igualmente el artículo de Araujo, F. (1903): “Las enseñanzas prácticas”, *La Segunda Enseñanza*, 40, 242-243, donde se defienden ideas similares.

arrastra”. Solamente empleando los utensilios más sencillos, los existentes en una cocina, puede crearse un gabinete de mayor valor que “la más brillante colección de aparatos producidos por la quincallería extranjera”. Finaliza el artículo con las siguientes palabras que ofrecen una medida de la relevancia concedida a las tareas docentes:

Y si el maestro no tiene vocación o carece de aptitud para esta obra, preferible es que borre de su programa esta enseñanza a que intente hacerla ex cátedra, utilizando alguno de los “Manuales” que tan profusamente circulan en nuestro país, extractados del ya vetusto y siempre remozado libro de Ganot o de otros análogos (Lozano, 1912a, 293).

El segundo artículo²⁵ plantea alternativas al modelo de gabinete estandarizado, dominado por las casas comerciales internacionales. Aquí mantiene los principios que en general guían sus presupuestos sobre el uso de material en las escuelas. Al principio, sin embargo, alude a un detalle que no nos parece irrelevante, y al que conviene prestar atención. Es el derivado de los costes de los aparatos, un apartado que influyó decisivamente –pensamos– en los cambios de orientación pedagógica de los institutos. Dice Lozano que entre los profesores cunde el desaliento a la hora de hacer peticiones habida cuenta de los precios excesivos de los aparatos. De acuerdo con sus cálculos no es posible reunir un gabinete de física y química digno por menos de 1.500 pesetas. Hay colecciones más económicas, pero no dejan de ser “pintorescas panoplias de chirimbolos de juegos malabares”. La propuesta, por tanto, que resuelve dos problemas en una sola acción es reconocer que los únicos instrumentos válidos son los que fabrican los propios estudiantes en la clase. De esta manera se evitan los gastos onerosos del material manufacturado y se invierte de otra forma en una pedagogía más rentable. Se añade que los procedimientos más sencillos y los trabajos realizados con estos equipos son más productivos que los que obligan a manejar dispositivos complejos que solo proporcionan una precisión superflua. Descarta también por su escaso valor pedagógico las analogías mecánicas.

Hay indicios de que estas declaraciones, derivadas de la experiencia con el material científico, tuvieron un efecto en los planteamientos de la industria científica. En el catálogo de Leybold Sucesores (Leybold’s Nachfolger) de c. 1928 (la firma está activa desde 1850 a c. 1966)²⁶, entre los estudios, manuales, memorias de academias y publicaciones periódicas mencionadas como

²⁵ Lozano (1912b).

²⁶ Sobre la firma, Schmidt (1926).

fuentes de los diseños, aparece citado el trabajo de R. Pohl, *Einführung in die Elektrizitätslehre* [Introducción a la enseñanza de la electricidad, 1927...]. Se trata de Robert Wichard Pohl (1884-1976), profesor de las universidades de Berlín y Gotinga, que destacó por los diseños novedosos de aparatos destinados a demostrar o ilustrar principios físicos, además de ser autor de numerosos libros de texto (Wittje, 2011, 317-348). Pertenece a una tendencia similar a la de Escriche extendida especialmente ahora en los años 1920 y 1930, en la que profesores y teóricos buscaron alternativas a los procedimientos comunes de la enseñanza de la física. Además de las propuestas formuladas por el profesor español, se contemplaron los llamados *métodos modulares*, en los que era posible ejecutar experimentos variados con un número limitado de componentes, un procedimiento bien recibido en un contexto crítico por las escasas fuentes de financiación de los centros educativos. También se introdujeron otros cambios. Transformadores de alto voltaje desplazaron a las máquinas electrostáticas y a las bobinas de inducción; lo mismo ocurrió con las bombas de vacío, sustituidas por dispositivos industriales más eficientes. Aparatos compactos con una lectura directa de las medidas eléctricas suplantaban a sistemas anteriores que ofrecían notables dificultades (Brenni, 2011, 310).

Durante la guerra, los fabricantes que produjeron instrumentos para las fuerzas militares, se dedicaron después a los cometidos clásicos e iban incorporando los cambios mencionados, forzados por las demandas y los desafíos de la comunidad educativa. Los constructores, por tanto, reaccionaron para mantener su posición dominante en el mercado. Ahora el principio seguido o asumido por los centros productivos era la racionalización de los criterios en la elaboración de piezas, de tal manera que se simplificara el número de las mismas atendiendo a su uso y finalidad.

En España destaca en este enfoque empresarial, por señalar un ejemplo, J. Esteva Marata, en cuyo catálogo de 1914 de “material instructivo moderno” se asegura que son los representantes exclusivos de la compañía transatlántica “American Seating Company”, con intereses en el mobiliario escolar, resultado del ideario higienista. También se afirma que el catálogo de 1909 era el más completo de España, debido a que las publicaciones nacionales semejantes eran más modestas y las de otros países eran inservibles porque solo proporcionaban el precio de fábrica, cantidades que después se incrementaban por el transporte y las aduanas. El cambio en la orientación del material científico se aprecia especialmente en la sección XII del catálogo, dedicada a

la física (“Gabinetes y colecciones”), donde los objetos se realizan con materiales más económicos, simples y manejables, y aparecen presentados como si se tratara de un set de entretenimiento, como la “Caja de experimentos ‘Franklin’” (descrita en 1914, nº 6, pág. 285).

También fue aceptada la propuesta de Esteva Marata en un concurso ministerial por seguir las orientaciones metodológicas de Edmundo Lozano. En la Real orden de 1916 firmada por el Director General de Primera Enseñanza (*Gaceta de Madrid*, 1916, 407-409) se establecen los procedimientos para adquirir material tanto mobiliario como pedagógico destinado a numerosas escuelas. En ella se afirma que la comisión asesora recibió el informe del Museo Pedagógico de 1913 (Cossío, 1913). De igual manera, una vez publicada la convocatoria se han examinado las diferentes propuestas, en este caso exclusivamente de casas españolas, que se han remitido. Por su interés, reproducimos algunos detalles de la selección realizada por la Administración. Para las vitrinas o cajas métricas, con las diferentes medidas y pesas, se ha elegido el modelo de la casa Esteva Marata (Barcelona) y la casa Perlado, Páez y Compañía (Madrid). En cuanto a los gabinetes de física y química también se opta por las colecciones de Esteva y Marata, “construido con arreglo a las experiencias del libro de D. Edmundo Lozano, Profesor de estas enseñanzas en el Museo Pedagógico Nacional, ‘La enseñanza de las ciencias Físicas, Químicas y Naturales’”. Se rechaza la oferta del “Sr Espín” porque se trata de aparatos ya contruidos y lo que se pide en el concurso es material apropiado para que los dispositivos puedan ser contruidos por “el maestro y sus alumnos, como tubos de vidrio, tubos de ensayo, matraces, frascos, cápsulas de porcelana, crisoles, embudos, alambres, varillas, limas, etc.” Acerca de los textos, se seleccionaron los libros de Lozano y de Chanticleire, *Cómo haremos 250 experimentos de física y química con poco gasto*, traducido del francés por José Uchina. En total, la Dirección General tenía previsto encargar 50 colecciones del sistema métrico decimal, 50 gabinetes de física y química y 200 obras de cada autor.

Las empresas de artes gráficas se sumaron a estos procedimientos mediante la producción de modelos aún más económicos en papel y cartón que se vendían desmontados, en piezas que podían recortarse y después encajarse unas en otras para formar un artillugio, como un reloj de sol o una esfera armilar²⁷.

27 Un ejemplo es “Esfera armilar. Trabajo manual instructivo, de fácil construcción para los alumnos, por el Rdo. P. Juan Camp, Escolapio”. Industrias Gráficas Seix Barral Hnos., S. A., Barcelona, s/f [c. 1930].

Poco a poco, desde la década de 1930, los catálogos se fueron abreviando. El de Leybold, *Aparatos de Física*, de 1939, en el que se incorporan las novedades de Pohl y se reproducen principios de años anteriores, la nota introductoria decía lo siguiente:

Al comprar este catálogo con las ediciones precedentes se nota fácilmente que muchos aparatos han sido perfeccionados y que hemos creado muchos nuevos. Hemos, al contrario, suprimido todos aquellos que no presentan sino un interés histórico o que no se prestan para una enseñanza viva. Nos hemos esforzado en realizar aparatos de construcción simple; pero que a la vez pueden ser utilizados para numerosas experiencias.

Los modernos aparatos Leybold hacen la enseñanza más fácil, y por el mismo gasto, permiten aplicaciones múltiples en dominios muy amplios. Algunos aparatos, cuya adquisición puede ser hecha progresivamente, constituyen el objeto de combinaciones juiciosamente establecidas.

Un signo de las tendencias pedagogistas en la instrumentación es el uso de dispositivos simplificados en los que solo se muestren los principios y las leyes, cuestión en la que ya insistía Escriche. Como se vio en el capítulo cuatro, se compraban telescopios a la casa Breton, pagando precios elevados, con propósitos preferentemente demostrativos. En los catálogos, como el de Leybold's Nachfolger citado anteriormente, en lugar de ofrecer instrumentos astronómicos para estos cometidos se vendía un banco óptico que permitía reproducir la trayectoria de un haz luminoso en función de la combinación de lentes que se hubiera elegido. “Estas piezas permitían materializar el trayecto de los rayos en anteojos astronómicos así como el efecto de las lentes de anteojos”, decía el catálogo (Leybold, 1939, 102). De igual manera, más adelante se comercializaron sencillos y económicos bancos que representaban los elementos básicos tanto de los anteojos celestes y terrestres como de los microscopios, además de las líneas con los caminos recorridos por la luz²⁸.

Pero no toda la industria respondió de la misma forma. Algunos siguieron manteniendo los patrones clásicos, los establecidos en el siglo XIX. Esto significa que los métodos pedagógicos que promovían el uso de materiales sencillos y cuestionaban la industrialización de la experiencia científica eran una tendencia exenta de una aplicación generalizada. Si examinamos el catálogo del establecimiento español *Cultura: Material Pedagógico* (Catálogo XX, 1932), comprobaremos que los gabinetes científicos estándar que ofrecían para los institutos de secundaria obedecían al modelo tradicional.

28 Por ejemplo, en SOGERESA. Sucesor Ramón Llord. *Catálogo General de Material Científico-Pedagógico*, 1950-51, 81. Esta casa se había fundado en el año 1918.

a. Aulas activas

Como se ha afirmado, en torno a 1880 se abrían paso nuevas visiones en diversos países, incluyendo a España, que desafiaban los procedimientos clásicos de la enseñanza de la ciencia. Según mantenían sus defensores, en ese momento el aprendizaje estaba dominado por la pasividad del estudiante, la reproducción memorística y la teoría. El giro pedagógico significaba eliminar las alusiones históricas y focalizar el interés en los conceptos básicos que debían retenerse, en especial los requeridos en el proceso de investigación y en el método científico. Un ejemplo destacado de esta corriente renovadora fue Henry E. Armstrong, quien como ya vimos, alertaba sobre la nula atención que en las clases se dedicaba al método científico, que era tanto como afirmar que se ignoraba el método experimental. Más que a ilustrar principios incuestionables mediante experiencias diversas de maquinaria manipulada por el docente, la clase debía estar dedicada al planteamiento de problemas y a la concesión de un tiempo para su resolución. Y en el caso de que el estudio precisase el uso de un aparato, entonces el estudiante recibiría instrucciones para su fabricación en madera o metal²⁹.

Las instrucciones de Armstrong nos resultan familiares, porque ya se encontraban en las formulaciones básicas de Cossío y también en los ensayos emprendidos en el Instituto-Escuela, si bien en este caso el profesor de Física Miguel Catalán se declaraba seguidor del sistema de Henry Morrison. El aparato, en este marco, formaba parte de un constructo experimental superior y el aula es un taller-laboratorio en el que docentes y alumnos participan en la formación de los contenidos de una manera práctica. Estas eran precisamente las ideas de Cabello Roig, profesor del Instituto Aguilar y Eslava, al que hemos mencionado anteriormente y en el primer capítulo en relación con una segunda propuesta renovadora que se difunde en los primeros años del siglo XX.

Para hacernos una idea de los planteamientos seguidos en el Instituto-Escuela, junto a las alusiones que ya se hicieron a las ideas seguidas en la provisión de material, se revisarán los principios expuestos en una obra básica sobre el modelo aplicado en las clases: la escrita por Andrés León Maroto y Miguel Catalán, *Exposición de la enseñanza cíclica de la Física y la Química*, publicada por la JAE en 1931. El texto corresponde a los contenidos del primer curso; en 1935 se publicó un segundo manual relacionado con los temas

29 Armstrong ([1901] 1925, 11-23, Appendix A y [1898] 1925, 235-299).

del tercer curso. El primero estaba dedicado a José Estalella, iniciador según se indica de la enseñanza cíclica, y a Blas Cabrera, que había visitado en diversas ocasiones las clases.

Llaman la atención algunos rasgos del texto. Primero, se emplea preferentemente el término “materiales” frente al de “instrumentos”. Es una elección significativa que representa un cambio de filosofía en la concepción del objeto científico: de una realidad prefabricada a otra que se puede desmontar y reconstruir. Otro cambio terminológico relevante es la sustitución del concepto de “experimento” por el de “experiencia”. Además, se han minimizado las referencias a científicos y los dibujos que contiene proceden de los propios estudiantes.

En la presentación se recuerda que se implanta por primera vez la enseñanza cíclica, donde no existe una división absoluta entre los diversos niveles, que forman un todo integrado en el que una y otra vez se vuelve sobre los mismos temas, pero ampliándolos gradualmente. En el primer volumen hay información sobre lo tratado en el primer curso, dirigido a estudiantes con edades comprendidas entre 12 y 13 años. El programa descrito corresponde a un nivel medio.

En los cuadernos que portaban los alumnos se anotaban las experiencias, los resultados, los resúmenes y las explicaciones del profesor. La clase se dividía en secciones, compuestas de dos o tres estudiantes. Cada sección realizaba de forma independiente la experiencia. Esta se llevaba a cabo casi siempre en clase, pero si la materia lo requería se ejecutaba en el laboratorio. El profesor no anunciaba el resultado final, solo ofrecía indicaciones generales para su elaboración, “y deja que la viva discusión que se va promoviendo, según el experimento va avanzando, lleve a los alumnos al descubrimiento de los hechos o leyes que quiere enseñar en ese momento” (Maroto y Catalán, 1931, 8). Y se añade: “La clase ideal es aquella en que, planteado el problema e indicados los medios de resolverlo, el profesor pasea por la clase resolviendo pequeñas dificultades de ejecución, y los alumnos, con el material necesario, laboran en la persecución de una ley” (Maroto y Catalán, 1931, 8-9).

No todas las experiencias las realizaban los alumnos. Las más peligrosas, las más complejas y en las que había escasez de material se llevaban a cabo por los profesores. Era por tanto un método mixto. Una vez finalizados los ejercicios, el docente en diálogo con los estudiantes ampliaba los resultados, momento en el que se confeccionaban los resúmenes.

A partir de las comprobaciones se pretendía que los estudiantes llegasen

a leyes físicas. Catalán, basándose en el sistema unitario, cuyo cometido era fomentar la iniciativa del alumnado y el trabajo personal, proponía ejercicios que consistían en tareas planteadas en torno a diversos artilugios y maquinaria: el automóvil, la cámara fotográfica, la luz eléctrica, etc. De esta forma, se recuerda, no eran simplemente lecciones escolares, sino conocimientos que permanecían retenidos durante toda la vida (JAE, Memoria, 1929, 314-315).

En el siguiente curso se siguieron empleando similares procedimientos en las aulas de bachillerato, especialmente en las lecciones impartidas por Maroto. Pero inmediatamente después, según las evidencias disponibles, debieron interrumpirse. Maroto recibió una pensión para llevar a cabo trabajos de investigación en química orgánica en Inglaterra. Y en las memorias no existen referencias a estas prácticas en el apartado dedicado a las enseñanzas³⁰ (al menos hasta el curso 1931-32).

Cuando se revisa el contenido de los diferentes temas, se observa que, efectivamente, los principios se analizan planteando ejercicios con materiales sencillos, sin embargo el instrumento prefabricado no ha desaparecido completamente. Su explicación, como ocurre con la balanza y con el termómetro, sigue constituyendo el eje sobre el que se estructura la presentación de los fenómenos científicos. Un enfoque que se reproduce en el volumen dedicado al tercer curso, si bien en este caso los componentes teóricos se han incrementado, así como la presencia de las formulaciones matemáticas de los problemas. De igual manera, en ambos textos, en consonancia con la filosofía pedagógica antiintelectualista, se dedican extensos apartados a destacar los usos prácticos de las ideas examinadas.

El Instituto-Escuela de Madrid (Sección Retiro) cesó sus actividades en el verano de 1936. Su andadura, sin duda representativa en la reinterpretación de los materiales empleados en la asimilación de la cultura científica, estuvo lastrada por diversos problemas: la inestabilidad del profesorado, las limitaciones económicas y la falta de espacios adecuados para las tareas docente y prácticas. Otro elemento relevante al examinar los resultados de la institución fue la dificultad para establecer, como demandaban los presupuestos educativos, una continuidad entre la enseñanza primaria y la secundaria. Este fue un problema general de las innovaciones en el sector educativo: mientras en el primer nivel existía una mayor libertad para aplicar los nuevos métodos, en el segundo los docentes estaban condicionados por la preparación de los

30 Sin embargo, Encarnación Martínez (Martínez Alfaro, 2009, 113) afirma que se mantuvieran las experiencias, si bien no se añade algún indicio de esto último.

alumnos para el acceso a los estudios universitarios (Martínez Alfaro, 2009, 150 y 374-375).

Los presupuestos metodológicos se mantuvieron en los Institutos-Escuela creados entre 1932 y 1939 en otras provincias (Barcelona³¹, Sevilla y Valencia³²). Así pues, no cabe imaginar una interpretación del utillaje científico distinta a la ya vista. Era previsible esta coincidencia, sobre todo teniendo en cuenta la influencia que Estalella³³ había ejercido sobre Catalán y Maroto.

Durante las primeras décadas del siglo XX convivieron visiones diferentes sobre el significado y función de los objetos científicos en la transmisión de conocimientos. Es cierto que los planteamientos que insistían más en los principios que en los fenómenos y efectos, más en el aprendizaje participativo que en la contemplación pasiva, plantearon novedades dentro de la tradición consolidada durante el siglo XIX. Pero el uso de los objetos dependía de otros factores, como el tipo de contenidos impartidos, el tiempo disponible para la atención a los temas, los criterios del profesor para orientar en uno u otro sentido la enseñanza³⁴, la evaluación final de las materias... Por ello, el alcan-

31 Sobre el de Barcelona, contamos con el estudio de Domènech (1988, 273) donde se afirma que “En cuanto al *funcionamiento de la clase*, el Instituto-Escuela del Parque [de la Ciudadela] seguía las orientaciones asumidas en su homólogo de Madrid”.

32 Esteban Maroto, León (1984). *Instituto-Escuela de Valencia, 1932-1939: una experiencia de renovación educativa*. Valencia, Universidad; Algorta Alba, Carlos (1996). *El Instituto-Escuela de Sevilla, 1932-1936. Una proyección de la Institución Libre de Enseñanza*. Sevilla, Diputación Provincial.

33 Su visión específica sobre la instrumentación científica y didáctica puede examinarse en los siguientes artículos: “Propagaciones de las ondas”, *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, XXII, 1924, págs. 573-575; “Aparatos universales”, *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, XXIII, 1925, págs. 242-244; “Experimentos sencillos con papel electrizado”, *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, XXIII, 1925, págs. 290-296; “El contador eléctrico en la enseñanza elemental”, *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, XXIII, 1925, págs. 496-498; “Recreaciones científicas”, *Revista de Segunda Enseñanza*, 15, 1925, págs. 382-385; “La simplificación del material escolar de Física y Química”, *Revista de Segunda Enseñanza*, 18, 1925, págs. 563-588; “Brújula de tangentes”, *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, XXIV, 1926, págs. 336-337; “Un gabinete escolar”, *Revista de Segunda Enseñanza*, 22, 1926, págs. 164-166.

34 Algunas evidencias, como los programas anotados correspondientes al año 1931 de Domingo Abellán, profesor de Historia Natural, Física y Química en el Instituto de Murcia, demuestran que no planteaba prácticas (salvo de manera muy excepcional en química) y

ce de las reformas hay que entenderlo teniendo en cuenta el centro o marco educativo en el que se aplicaban.

Una circunstancia relevante en la asimilación de las novedades era la predisposición del profesorado, y esta a su vez dependía de su formación. Los nuevos planteamientos eran exigentes: en los casos que estamos considerando, además de conocimientos de física y química también debía contar con habilidades manuales e intuición constructora, con conocimientos de carpintería, fragua y hojalatería. Esto era lo que pretendía transmitir Lozano en sus cursos, sin embargo, según afirmaba, los docentes no manifiestan un interés significativo por adquirir esas destrezas. En una nota de uno de los artículos mencionados (1912a), el autor declara que del total de inscritos en el Museo Pedagógico solo acuden a las prácticas del laboratorio un cuatro por ciento. García del Dujo afirma sobre los cursos de Lozano que estaban orientados a fomentar los hábitos científicos y la adquisición de métodos de investigación. Sin embargo,

Ante la falta de preparación científica y manual del maestro, dichos cursos trataban de incorporar el taller y el laboratorio a su formación, desterrando el uso de los libros de texto como primer y único instrumento a utilizar. En este método, sin duda, “tan diferente de lo que todos esperaban que, en el curso 1906, la mayor parte de los alumnos abandonaron la clase” con el desencanto reflejado en el semblante (García del Dujo, 1985, 119).

Lozano muestra así el alcance y los límites del proyecto institucional del Museo Pedagógico. Sus propuestas podían resultar desproporcionadas para los profesores, sobre todo si tenemos en cuenta las tareas que comprendían sus obligaciones. Según los ejemplos ofrecidos, los docentes debían encargarse, en consonancia con lo visto, de las reproducciones de aparatos clásicos, realizados con la precisión de un artesano experimentado a partir de materiales reciclados. En el trabajo mencionado aparecen descritos diversos objetos: una balanza, una versión del aparato de Morin para la caída de los graves, un fonógrafo, un alambique, un aparato para demostrar las leyes de la reflexión de la luz y una máquina eléctrica³⁵. Carmen Monzón y Aurelio Usón han apreciado en las afirmaciones anteriores, donde Lozano admite que

que sus ejercicios en clase consistían básicamente en la resolución de problemas de matemáticas (López Fernández, 2001, 123-125).

³⁵ Afirma que el original de la máquina eléctrica se conserva en el Museo Pedagógico Nacional, que ha sido construido por los alumnos de la Escuela Normal Superior de Maestros de Tokio.

los profesores puedan ser incapaces de asumir las exigencias de sus tareas, una actitud escéptica hacia la propia viabilidad de los métodos que propone (Monzón y Usón, 1997, 277).

CAPÍTULO 7

ARTEFACTOS Y FORMACIÓN DEL IMAGINARIO CIENTÍFICO: MEDIACIÓN Y AUTORIDAD

1. Introducción: mediaciones e iconos

Heering se pregunta en un estudio ya aludido (Heering, 2011) por la finalidad real de un artefacto, empleado en las demostraciones de las clases de física, cuyos resultados después de esperar varias horas consistían en observar un detalle insignificante: la congelación de la tapa. Hablamos del calorímetro, ya mencionado, previsto para efectuar mediciones a partir de la transferencia de determinadas cantidades de calor de un cuerpo a otro. Hay instrumentos, de acuerdo con el autor, especialmente poco apropiados para su manipulación en una sala de demostraciones, sin embargo, añadimos a esta reflexión, se citan y demandan con insistencia para formar las colecciones de los gabinetes, empleando siempre el argumento genérico de la apuesta por la experimentación. Otras piezas exhiben al menos efectos que pueden convertirse en imágenes más o menos deslumbrantes, como el prisma de Newton, aunque los análisis más precisos, relativos a las mediciones de los índices de refrangibilidad o la distinción de los colores del espectro se omiten o se reducen a consideraciones superficiales.

En la respuesta a la cuestión formulada, Heering añade los siguientes comentarios, cuyo contenido nos parece importante para entender el mundo de la demostración y el lugar que ocupan los instrumentos en la enseñanza de la ciencia y en la transmisión de valores:

Aparentemente, lo que puede hacerse con un instrumento es mostrarlo a la audiencia y destacar los diferentes aspectos que contribuyen a los principios de su funcionamiento. De esta forma se familiariza al público con el concepto de medida.

Instrumentos como la balanza de torsión eléctrica de Coulomb o como el calorímetro de Lavoisier y Laplace, sigue afirmando el autor, fueron empleados como dispositivos que mostraban una nueva forma de experimentación en la que se reclamaba la precisión y la atención a la sensibilidad de las medidas. Así pues, estos aparatos no eran solo representaciones de unas operaciones determinadas, sino que eran “iconos de una nueva forma de hacer ciencia” (Heering, 2011, 26-27).

Esta dimensión de la instrumentación y de los variados dispositivos ya se había anticipado en diversas publicaciones de los años 1990, como *Instruments*, editada por Helden y Hankins (1994), e *Instruments and the Imagination* (“Instruments as mediators”, 1995, 10-11), en las que se explica y ejemplifica la función mediadora de una parte de la cultura material en la configuración de significados en los públicos especializados y legos. Un ejemplo en el que se estudia este tipo de efectos de la instrumentación es el trabajo de la historiadora de la química Bernadette Bensaude-Vincent sobre la balanza. Decía sobre este objeto que “Más que un instrumento [...], la balanza es un método de investigación” (Bensaude-Vincent, 2002, 48)¹. Estas últimas reflexiones coinciden con las distinciones que un tiempo antes había establecido Norton Wise en el concepto de mediación (Wise, 1993, 207-256). Aplicado a los instrumentos científicos, estos se concebían como medios tecnológicos para vincular, por un lado, subculturas diversas (la química, la economía política, las matemáticas, etc.) y, por el otro, para establecer relaciones entre la teoría/ideología y la realidad. En el caso del calorímetro, en el siglo XVIII este dispositivo permitía conectar la química con la física ofreciendo una determinación cuantitativa de los intercambios de calor entre diferentes sustancias.

Se abren, por tanto, diversas posibilidades teóricas vinculadas al estudio de los efectos indirectos y no premeditados de los artefactos. Una vez visto el dominio en el que se desenvuelven las prácticas de los profesores y sus esfuerzos por ajustar los materiales a las realidades de uso y trabajo, este capítulo y el siguiente están dedicados a examinar los valores, percepciones colectivas e imágenes difundidas por las asociaciones promovidas por los instrumentos y por la autoridad que aportaban en determinados usos educativos.

2. Asociaciones

El gabinete es un espacio de asociaciones en el que se busca el refuerzo de ciertos vínculos, como cuando se sitúa la máquina de vapor junto al calorímetro de Lavoisier, cuando el utillaje químico se dispone a continuación del físico o cuando se ubican equipos médicos al lado de los aparatos dedicados a los temas de electromagnetismo. Posteriormente, como se ha comentado, mediante la manipulación de los instrumentos se fortalece el espacio común entre dos realidades separadas, como la física y la química, contribuyendo a la conversión de la segunda materia en una rama de la primera. Esto mismo

1 Véase igualmente Bensaude-Vincent y Mosini (2007).

se conseguía con otras experiencias, como, por ejemplo, las realizadas con las pilas electrolíticas, las llevadas a cabo con el espectroscopio o con los globos terrestres y los planetarios, que relacionaban –estos últimos– la geografía con la astronomía (de hecho, como se ha visto, esos objetos se adquirían para las cátedras de Geografía e Historia).

a. Física, tecnología e industria

La vinculación entre la física y la tecnología ya se había planteado en el siglo XVIII, en especial en los dominios de la física experimental. Era esta una disciplina cuyos cursos eran atendidos por alumnos que buscaban una formación general y también por un público más específico, como los artesanos, los técnicos y los fabricantes de instrumentos. En realidad, el atributo “experimental” se refería tanto a su carácter demostrativo, consistente en la aportación de una prueba ocular, como a su vertiente práctica, lo que significaba reducir al máximo posible los componentes teóricos. Así, en las lecciones se obviaban los temas relativos a las disputas filosóficas entre los tipos de causas o las diferencias entre la sustancia y el accidente, y se centraban, en cambio, en contemplar los efectos del rozamiento y tensión de las cuerdas, los calores específicos de los cuerpos, los tipos de poleas, el estudio del equilibrio de los cuerpos, etc. Se buscaba a través de las nuevas experiencias y conocimientos soluciones a situaciones que se planteaban en entornos específicos de los dominios profesionales. De esta forma se explica, por ejemplo, que Antonio Gutiérrez (1777-1840), Ingeniero de Caminos y Canales y director en 1835 del Real Conservatorio de Artes, llegara a ser profesor de física del Instituto de San Isidro en la década de 1810 (hasta 1815) y durante el Trienio Liberal.

La atención al orden técnico-económico se canalizaba por medio de instituciones que fomentaran una mentalidad abierta hacia las novedades y que al mismo tiempo regularan la producción de innovaciones, racionalizando al mismo tiempo su uso. Este fue uno de los objetivos del Real Conservatorio de Artes y Oficios, refundado en 1824² y dedicado al establecimiento de los estándares a los que debían ajustarse tanto los ciudadanos como los artífices. Por ello debía servir de depósito de máquinas, planos, modelos, descripciones y documentos; debía contener muestras de todos los yacimientos que se des-

² Sobre el centro, Ramón Teijelo (2011); sobre la filosofía de la institución, véase el preámbulo de la Real Orden de 18 de agosto de 1824, *Gaceta de Madrid*, 2 de septiembre de 1824.

cubriesen y explotasen en ese momento, y debía estar dedicado a la gestión y organización de exposiciones dedicadas a la industria. Entre 1824 y 1850, momento en el que se convierte en Real Instituto Industrial, se celebraron seis exposiciones dedicadas a la difusión de los productos procedentes de talleres y fábricas.

Los institutos de secundaria eran lugares apropiados para la diseminación de los valores anteriores. Hay que tener en cuenta que durante el Trienio Liberal habían tenido lugar las revueltas antimaquínicas de Alcoy, un episodio que se repitió posteriormente en el mismo emplazamiento y en otras provincias. De igual manera, por el lado de las innovaciones, en 1852 comenzó la instalación en España de la telegrafía eléctrica. La prensa desde mediados de siglo se hacía eco de forma triunfalista de los cambios que se producían en el mundo de las comunicaciones. Los espacios educativos estatales fueron seleccionados como lugares apropiados para contrarrestar la desconfianza hacia la introducción de nuevos artefactos, así como para difundir los proyectos técnicos, como ya se comprobó cuando examinamos la difusión del sistema métrico decimal. Los centros de enseñanza disponían en sus gabinetes de modelos clásicos de la industria e igualmente de dispositivos recientemente inventados, como los pertenecientes a la transmisión de la información y al registro del sonido. Estos artefactos, imágenes vivas del progreso, se ubicaban junto a los logros científicos tanto en los programas como en su exhibición en las estanterías de los museos escolares.

El *Manual de Física y Elementos de Química*, escrito por Manuel Rico y Sinobas y Manuel Santisteban (Madrid, edición de 1869), incorpora numerosas alusiones a la tecnología (González de la Lastra y Guijarro, 2013b, 113-114). Encontramos, así, una breve historia de la máquina de vapor, icono de la primera revolución industrial, y seis páginas dedicadas a la telegrafía, en las que se describen las primeras experiencias realizadas por Francisco Salvá en España, así como otras posteriores de Oersted y Morse. La impresión ofrecida es que toda esta información pertenecía al dominio de la física, ya que no había divisiones entre estas materias, y los términos vinculados a la tecnología, como el de “arte” (o “artes aplicadas”, el más empleado en la época para referirse a estas prácticas), “industria” y “técnica” apenas se utilizan. Se ofrecen explicaciones y descripciones de los ingenios mencionados como si sus principios dependieran exclusivamente de planteamientos científicos. Presupuesto que significa marginar otros conocimientos y recursos que intervienen en las creaciones tecnológicas. Así, llama la atención en este enfoque

que se equiparen las aportaciones de dos personas con perfiles y trayectorias bien diferentes, como la del profesor danés Hans Christian Oersted y la del pintor e inventor estadounidense Samuel Morse, aunque este último contara con una formación variada que incluía nociones básicas de electricidad. Estamos en un periodo en el que la legitimidad social de la ciencia, y de los profesionales que se dedican a ella, pasaba por su vinculación a un saber útil, práctico y aplicado. En los textos y representaciones se facilitaba este discurso presentando a la técnica como una mera práctica subordinada a las teorías científicas (en ningún momento se planteó que pudiera ser al contrario, como de hecho había ocurrido con las máquinas térmicas)³. El empeño por conseguir un modelo del fonógrafo, recientemente inventado, en el Instituto de San Isidro y su forzada inserción en el currículo, según ya vimos, obedeció a los presupuestos que se han estado comentando.

En el gabinete del Instituto de San Isidro existía antes de 1834 una máquina de vapor (modelo Savery) junto a termómetros, pirómetros, eolipilas, marmitas de Papin; entre 1835 y 1878, en el apartado de “cambio de estado de los cuerpos”, se disponían tres modelos de máquina de vapor (una de cartón), un modelo de locomotora y un modelo de barco de vapor (ambos de cartón) (Santisteban, 1875, 185 y 199).

Los fabricantes, autoridades destacadas del mundo educativo, contribuyeron de igual manera a consolidar estos vínculos entre la ciencia y la tecnología. En diversos apartados del catálogo de *Les Fils D'Émile Deyrolle* (en esta ocasión el publicado en París en 1904) se observan objetos con cometidos muy diversos: demostración del fenómeno de la aurora boreal, motores eléctricos, electroimanes, telégrafos eléctricos... Se disponen todos ellos en la misma página (véanse las figuras 17 y 18 correspondientes a la “sección de electromagnetismo” y a la “sección de acústica” del catálogo).

En el catálogo *Les Fils D'Émile Deyrolle* (París, 1910), seguido, por ejemplo, en el Instituto de Canarias, las máquinas de vapor se disponían en el último apartado de la sección de calor, una vez expuestos los múltiples artefactos relacionados con la termometría, calorimetría, dilatación, higrometría, meteorología, conversión del calor en fuerza mecánica... Pero el orden que se establecía aquí no obedecía a criterios epistemológicos sino a los de almace-

3 Diversos historiadores llevan un tiempo cuestionando la equiparación acrítica de la tecnología y la ciencia aplicada; como ejemplo, un autor que ya llamó la atención hace algunas décadas sobre las debilidades de esa asimilación: Agassi (1966, 348-366), y para una revisión de las diferentes posturas en este debate: Guijarro (2003).

namiento y comerciales. Similares divisiones encontramos en otros catálogos, como en el de Esteva y Marata (1914, 301-305) y en el de Leybold (1939, 78), si bien en este último se observa una drástica reducción en el número de los modelos ofrecidos y una modificación de los propios artefactos, consistentes ahora en secciones de dispositivos donde se muestran los elementos principales que intervienen en la transmisión del movimiento. Se aprecia en este último caso la influencia de nuevas tendencias pedagógicas, que conceden más importancia a los principios que a los fenómenos fielmente reproducidos por los aparatos. Precisamente la proximidad a la ciencia, compuesta de leyes, relaciones entre variables y supuestos teóricos beneficiaba este tipo de enfoques.

Las materias estrictamente científicas impartidas en los institutos proporcionaron una plataforma para la difusión del utillaje tecnológico. Pero este igualmente se incorporó a los centros por otras vías. En este caso las dependientes de los cambios curriculares impulsados por la Administración, cuya pretensión era fomentar los estudios técnicos y prácticos. En diversos planes, comenzando por el de Ruiz Zorilla de 1868, se contemplan disciplinas como la Agricultura, la Técnica Agrícola y la Técnica Industrial, unas veces por separado y otras veces unidas. En los gabinetes se reservaban apartados para acoger los modelos e instrumentos propios de estas asignaturas. De esta forma adquirieron autonomía, y se comenzó a hablar en estos contextos, aunque modestamente, de “tecnología”. En 1876, en el proyecto de ley del conde de Toreno se divide la segunda enseñanza en literaria y tecnológica. La “tecnológica –según se afirma– difunde entre las clases populares los conocimientos inseparables de toda educación humana, y prepara para el ejercicio de las artes y los oficios”⁴. De igual manera cabe añadir a estas alusiones la conversión de los institutos de secundaria en institutos generales y técnicos en 1901, medida que beneficia la adquisición no solo de modelos sino de colecciones de vistas para los aparatos proyectores relacionados con las materias mencionadas y también con la Química industrial y agrícola. Sobre este último dominio, en concreto, la colección del Instituto de San Isidro comprendió 195 placas fotográficas que mostraban diversas imágenes específicas de instalaciones en las que se comprueban las aplicaciones de los estudios químicos: petróleo, salinas, producción de azufre, fabricación de cerillas, fabricación

4 Real Decreto de 29 de diciembre de 1876. Base 1ª Proyecto de ley de bases para la formación de la ley de Instrucción Pública. *Colección Legislativa de España*, tomo 117, Madrid, 1877, pp. 874-881 (cit. en González de la Lastra y Guijarro, 2012, 80).

de ácido sulfúrico, tintes, siderurgia, industria del caucho, motores de gas, fabricación de papel, cerámica (junto con porcelana y vidrio) y destilación⁵. El plan Callejo (1926) contemplaba una asignatura de Agricultura y otra de Terminología científica, industrial y artística, en lugar de la Técnica industrial impartida con la anterior en planes precedentes y suprimida en el de Bugallal (1903). En realidad, la Terminología, impartida en el primer curso, constituía una introducción general a las nociones básicas de todas las materias, desde las científicas a las artísticas, además de a las propiamente tecnológicas e industriales⁶.

La enseñanza de la Agricultura y de la Técnica Agrícola en particular se complementaba con la atención a una dependencia importante de los centros de secundaria, los modestos jardines botánicos. En el proyecto educativo liberal de 1821 se contemplaba, como ya vimos, que en las universidades de provincia (equivalentes a los institutos de secundaria) hubiera instalaciones reservadas a la constitución de un jardín para la experimentación. La vinculación entre los jardines y los espacios educativos es un reflejo de posturas que ya se manifiestan en el siglo XVIII (e incluso anteriores, con Francis Bacon), donde se extiende una visión economicista de la tierra. En esta mentalidad, el agro se concebía, por un lado, como un lugar de ensayo, clasificación y orden y, por el otro, como un espacio civilizador del campesino. Así, el agricultor se desligaba parcialmente de las dependencias creadas por los ciclos naturales y adquiriría una mayor conciencia del dominio del campo cultivado. El jardín botánico era pues un símbolo de esta nueva relación del ser humano y la naturaleza. En los centros educativos, estas medidas contribuían a transmitir los principios utilitaristas asociados con las prácticas del aprendizaje, aquéllos a los que nos habíamos referido anteriormente cuando hablábamos de los propósitos mantenidos por Gil de Zárate de crear “centros de ilustración”, con influencia en el entorno.

Hay jardines botánicos, como el del Instituto Provincial de Teruel, que aparecen mencionados en el *Diccionario* de Madoz, en una entrada que debió componerse en torno a 1849 y que afirma que «estaba [el instituto] dotado de los catedráticos que marca la Ley»; pero «No se halla al completo de todo lo necesario en materia demostrativa, no obstante tiene ya gabinete de Historia

5 Lana, Martín Latorre y López Campos (2006, 307-314); véanse las adquisiciones para el gabinete de Agricultura del Instituto de Badajoz (en *Memorias del curso 1906-1907*), VV.AA. (2013).

6 Así se contemplaba en el texto de Agustín Serrano de Haro (1929).

Natural, jardín botánico, aparatos de química, colección de cuerpos sólidos para matemáticas y dos, con su esfera y globos correspondientes, mapas murales de Geografía...» (cit. en Aldecoa, 2011). En otras ocasiones las referencias se encuentran en la obra de Gil de Zárate, *De la instrucción pública en España* (Madrid, 1855), cuando describe los institutos de segunda enseñanza de Soria y de Logroño. Sobre el primero dice que “Hay un jardín botánico a las inmediaciones del establecimiento; en él, además de las plantas necesarias para las lecciones, se cultivan otras exóticas, y varias especies de cereales por si se pueden aclimatar en el país” (Zárate, 1855, II, 123-124). Sobre el segundo: “Para la enseñanza tiene lo siguiente: Un bonito jardín botánico con su invernáculo y una notable colección de plantas de diversas latitudes: hay además un herbario” (Zárate, 1855, II, 108). Del resto solo añade una breve nota, como sobre el Instituto de Bilbao, que destaca por contar con 3.200 ejemplares.

En el Instituto de Murcia se observa claramente la vinculación de la cátedra de Agricultura (incorporada como asignatura del bachillerato oficial en 1876) y el jardín, conocido como el Huerto de San Francisco, donde se plantean las prácticas correspondientes a la asignatura mencionada⁷.

De igual manera, el Instituto de Segunda Enseñanza de Córdoba contó, como otros centros, con un jardín botánico, según se reconoce en la *Memoria de 1858-1859* (Montero y Devesa, 2011, 231-239). En él se clasificaban las especies según sus propiedades industriales, agrícolas o medicinales. Los fondos para su mantenimiento procedían del propio Instituto y de la Escuela Especial de Agricultura, condición que permitía su aprovechamiento práctico para los estudiantes de ambos centros. La población también podía acceder a los servicios de estas dependencias, en particular los agricultores que recibían semillas, plantas y raíces aclimatadas en el jardín, e igualmente ejemplares dedicados a tratamientos médicos. Llegó a ocupar una extensión de 768, 38 m² y estaba situado junto a la fachada sur del Instituto. Para su cuidado se contaba con un jardinero, que se mantuvo hasta el curso 1900-1901, siendo suplida su plaza por el auxiliar de Ciencias, dedicación que se extendió hasta 1905. Una ampliación de la red viaria prevista por el Ayuntamiento de Córdoba acabó con la existencia de la dependencia en 1910. Hasta entonces se habían llevado a cabo reformas, se había instalado un invernadero y una fuente para plantas acuáticas, y se habían adquirido diversas vegetales, si bien no se dispone de evidencias acerca de que se hubiera destinado

7 Marín (2014, 128-130).

una parte de los cultivos y semillas a personas ajenas al centro, según se establecía en los textos fundacionales. Además, no parece que su desmantelamiento generara especiales tensiones entre los habitantes o los miembros del centro.

b. Física y medicina

En el siglo XIX, desde Pidal a Moyano, la carrera de medicina comprendía cinco cursos de bachiller, dos de licenciatura y dos de doctorado. Las asignaturas formaban cuatro bloques, y en el primero se cursaban las que proporcionaban una visión general al estudiante: física, química e historia natural (Peset y Peset, 1992, 33-35). El médico debía por tanto mantener un estrecho contacto con las novedades que se verificaban en las ciencias físicas, como, por ejemplo, las concernientes a las investigaciones sobre la electricidad animal, el galvanismo y los ensayos de reanimación por medio de la electroterapia. También se contemplaban como un dominio de interés las relaciones entre las variaciones atmosféricas, estudiadas con barómetros y termómetros y otros aparatos, y la salud. Tampoco es extraño encontrar profesores de secundaria de Física y Química que contaban con una licenciatura en Medicina o Farmacia. En esta situación se encontraban, por mencionar algunos casos ya citados: Angel Guirao, del Instituto de Murcia; Ildefonso Rebollo, del Instituto de Segovia, y Mariano Santisteban, del San Isidro.

Santisteban promovió la impartición de clases de Física aplicada a la Medicina y a la Farmacia. En un apéndice de su *Breve historia de los gabinetes de física y química del Instituto de San Isidro*, el autor incluye tres artículos publicados en los años 1873 y 1874 en el *Semanario Farmacéutico* (números 10, 25 y 33). Son breves reseñas (solo una de ellas firmada) en la que se da cuenta de estos planes que cuentan con la aprobación del claustro del Instituto. Se dice allí que:

El microscopio, laringoscopio y tantos otros instrumentos óptico-medicinales; los aparatos electro-magnéticos, etc., son de reconocida utilidad en la ciencia médica; sin tales auxiliares, la Anatomía, Fisiología y otras partes integrantes de la Medicina no hubieran podido alcanzar el extraordinario desarrollo que hoy nos admira al ojear los autores de fines del pasado siglo y principios del presente (Santisteban, 1875, 172).

Después se refiere al interés de cultivar la química, con el complemento de los estudios de electricidad, y otros saberes. En los siguientes párrafos se hace

un alegato a favor de la recuperación de la disciplina de Física experimental para los programas de medicina, ahora, como aclara el autor, incomprensiblemente ausente del currículum.

El gabinete del Instituto contó según el catálogo con un “Aparato electro-médico, que funciona con una pila de Bunsen” (Santisteban, 1875, 205). Según la historiadora Elisabeth Bennion (Bennion, 1979, 167)⁸, las primeras aplicaciones de la electricidad con fines médicos se llevaron a cabo en Alemania en 1743. Algunos cirujanos, como John Hunter, trabajaron en la elaboración de los presupuestos teóricos de estas prácticas, y concluyeron que este elemento cumplía una importante función en la fisiología corporal. Se pensaba entonces que el tratamiento podía ser útil para la curación de determinadas enfermedades, como la tuberculosis, parálisis, hidropesía, cáncer, disentería, ceguera... Entre 1800 y 1830 se emplearon grandes máquinas electrostáticas, conectadas a botellas de Leiden, para aplicar diversas descargas a los pacientes. Uno de los precedentes de estos equipos es la máquina electrostática ideada por los fabricantes Edward Nairne y Thomas Blunt, descrita en *The description and use of Nairne’s patent electrical machine: with the addition of some philosophical experiments and medical observations* (publicado por Nairne y Blunt en 1783) y a la que corresponden las ilustraciones reproducidas a continuación. El capítulo seis de este texto está dedicado a exponer las utilidades médicas del artefacto. En la actualidad, se conserva un ejemplar de este tipo de máquina en el antiguo Instituto de Enseñanza Secundaria de Canarias (La Laguna), actualmente IES Canarias Cabrera Pinto⁹.

En torno a 1832, Edward Marmaduke Clarke inventó una máquina electromagnética. Desde ese momento se multiplicaron los modelos diseñados específicamente para los propósitos anteriores. La intervención posterior de los fabricantes, como ocurría con en el resto de la instrumentación, moldeó estos aparatos para adaptarlos a las condiciones de los gabinetes educativos. En el catálogo de Lerebours et Secretan se presenta una de estas piezas, denominada “Appareil électro-médical de MM. Breton frères”, con un precio de 140 fr. (560 rs. aprox.), acompañada de una figura y de una breve explicación en la que se lee que “Esta pieza, que funciona sin pila y sin líquidos, es sin

8 Bennion (1979); sobre las aplicaciones de la electricidad en la Ilustración, Bertucci (2007).

9 Véase: <http://www.museocabrerapinto.es/blascabrera/museo-virtual/electricidad/maquina-medico-electrica-de-nairne>. La máquina aparece citada en la edición de 1862 de la obra de A. Ganot *Tratado elemental de física* (Madrid, 1862, 454).

ninguna duda la más cómoda que pueda encontrarse construida en la actualidad” (Lerebours et Secretan, 1853, 91).

Estas asociaciones favorecieron la asimilación en los centros de enseñanza de diversos descubrimientos, cuando estos se asociaban a un objeto científico, como vimos en el capítulo anterior al hablar de los aparatos de rayos X. Tomás Escriche (1934, 11ª ed., 401) incluye en el apartado dedicado a los fenómenos y principios electromagnéticos una radiografía de la región torácica, proporcionada, según asegura, por los doctores Comas y Prió. Para ofrecer una idea de las evidencias aportadas por estos procedimientos añade la siguiente información: “destacan bien las costillas y uno de los húmeros fracturado en la parte superior; se ve también la sombra del corazón. Por último, aparece con suma claridad una bala alojada en uno de los pulmones”.

3. Autoridad artefactual y formación del imaginario

a. Mundos proyectados y el principio de veracidad

En la introducción de *Visual cultures in Science and Technology* Klaus Hentschel (2014) llama la atención sobre la relevancia de los diversos dispositivos ópticos creados especialmente durante el siglo XIX (estereoscopios y modelos de linterna mágica, entre otros) para crear perspectiva y distanciamiento a las imágenes reproducidas. Junto a este rasgo, Van Helden y Hankins destacan como uno de las funciones de los equipamientos su intervención en las disputas científicas para otorgar autoridad a quienes no solo emplean argumentos, sino que al mismo tiempo manipulan dispositivos (Van Helden y Hankins, 1994, 5).

Mediante los aparatos de proyección se conseguían dos efectos perdurables en el imaginario de profesores y alumnos. Por un lado, se creaban entornos lúdico-teatrales en las aulas, acaparando la atención de los asistentes. Por el otro, se otorgaba autoridad a las imágenes expuestas: la pantalla era el mundo externo que en las representaciones públicas y colectivas todos compartían.

Los efectos de los recursos visuales, como las imágenes fotográficas, eran similares a los de los modelos y los objetos, al menos en la visión demostrativa-ilustrativa de las experiencias de cátedra. Sin embargo, tenían evidentes ventajas, como los costes, el espacio ocupado, el alcance temático, la portabilidad y el alcance social. Susan Sontag atribuía a la fotografía diversas inten-

ciones (Sontag, 2007, 15-21), en este caso extensibles a los rasgos generales del material visual empleado en los gabinetes. Señala la autora que las fotografías nos informan sobre qué merece la pena mirar (una connotación ética acompaña a la imagen); representan un inventario del mundo (para nuestros propósitos, del mundo de la ciencia) y proporcionan un complemento de veracidad:

Las fotografías procuran pruebas. Algo que sabemos de oídas pero de lo cual dudamos, parece demostrado cuando nos muestran una fotografía. En una versión de su utilidad, el registro de la cámara incrimina [...]. En otra versión de su utilidad, el registro de la cámara justifica. Una fotografía pasa por prueba incontrovertible de que sucedió algo determinado. La imagen quizás distorsiona, pero siempre queda la suposición de que existe, o existió algo semejante a lo que está en la imagen. Sean cuales fueren las limitaciones (por diletantismo) o pretensiones (por el arte) del propio fotógrafo, una fotografía -toda fotografía- parece entablar una relación más ingenua, y por lo tanto más precisa, con la realidad visible que otros objetos miméticos.

Esta dimensión confiere autoridad, interés y fascinación a estos soportes. Peter Burke se refiere al “testimonio de autenticidad” vinculado a la fotografía; sobre esta atribución, añade: “La idea de objetividad, planteada ya por los primeros fotógrafos, venía respaldada por el argumento de que los propios objetos dejan una huella de sí mismos en la plancha fotográfica cuando ésta es expuesta a la luz, de modo que la imagen resultante no es obra de la mano del hombre, sino del ‘pincel de la naturaleza’” (Burke, 2005, 26).

El hecho de que estas representaciones apareciesen mediadas por una tecnología, determinada por el dominio y manipulación de propiedades químicas, reforzaba la impresión de objetividad de las representaciones. Con la serialización, además, una experiencia individual y personal se convierte en una imagen compartida por muchos.

b. La tecnología de la representación

El hecho de que se emplearan las técnicas de dibujo, o una copia a partir de una imagen preexistente, no mermaba las aspiraciones de objetividad. Desde el Renacimiento se habían ideado procedimientos para mecanizar el dibujo y para reforzar las habilidades representativas e impersonales de un mundo externo. Los primeros métodos consistieron en el uso de las cámaras oscuras, en cuya pared interna se reflejaban paisajes y otras realidades. En el siglo XVI algunas iglesias como Santa María del Florencia en Florencia eran emplea-

das como cámaras oscuras para realizar observaciones de los movimientos y eclipses de Sol, un fenómeno bien conocido para estudiosos como Leonardo da Vinci y Giovanni Battista della Porta. En el siglo XVIII este sencillo artefacto con forma de caja y provisto de un pequeño orificio, en el que podía disponerse una lente, se convirtió ya en un artilugio popular. Con la misma finalidad, se añadieron otros procedimientos como el facilitado por el uso del pantógrafo y la cámara lúcida, que posteriormente también formaron parte de las colecciones reunidas en los centros de enseñanza. El primero se empleaba para trazar siluetas y el segundo, provisto de un soporte con un prisma en uno de sus extremos, para realizar dibujos de diferentes figuras mediante un proceso de superposición de imágenes (Smith y Lefley, 2016, 46-49).

En realidad, las prácticas descritas muy sumariamente significaron una preparación para la admisión de la fotografía y sus efectos en la impresión de veracidad. Carmen Pinedo declara con acierto en el catálogo que acompañó a la exposición de fotografía histórica de la Universidad de Valencia, dentro de su aportación titulada “La educación por la mirada”, que “La fotografía es útil para la docencia -y, por supuesto, para la investigación- porque es barata, y sobre todo porque es *verdad*. La creencia en la veracidad del procedimiento y de sus resultados es, en efecto, uno de los motores del beneplácito general con que el invento es recibido por científicos y profesores” (Pinedo, 2006, 78).

La linterna mágica, la tecnología usada para proyectar las imágenes dispuestas en una placa de vidrio, se empleó desde sus orígenes en los círculos científicos y artísticos. Ya venía pues precedida de una imagen de autoridad. Su composición era simple: un cuerpo de metal o madera, una fuente luminosa, una lente condensadora y una lente de enfoque. También eran conocidos sus principios, objeto de estudio de Athanasius Kircher en su obra *Ars Magna Lucis et Umbrae* (1646). Fue otro filósofo natural, Christiaan Huygens quien después de añadir unas modificaciones, que hicieron viable el ingenio, acuñó el término “linterna mágica” en 1659. Ya en el periodo 1664-1670 el aparato había viajado por Europa de la mano de Thomas Walgenstein, ofreciendo demostraciones acompañado de las correspondientes placas. Desde finales del siglo XVIII se combinaron presentaciones espectaculares (fantasmagorías) con pequeñas mejoras técnicas en la iluminación, en el sistema óptico y en su construcción, lo que convirtió a las linternas mágicas en dispositivos más seguros y asequibles. Las primeras placas consistían en pinturas a mano sobre vidrio, un proceso laborioso y complejo que exigía un dominio preciso de los pigmentos empleados (Frutos, 2010, 24-26). Al disponerse en bastidores

de madera podían ir provistas de un mecanismo accionado por una manivela, sistema que permitía imprimir un movimiento a la imagen y el logro de diversos efectos. Otros procedimientos para la elaboración de las placas, que redujeron su coste, fueron la impresión mecánica y la calcomanía.

El primer uso educativo de la linterna en Francia se produjo en 1839, hecho en el que tuvieron un protagonismo destacado dos fabricantes, Jules Duboscq y François Soleil. En Inglaterra, en la década de 1820 se encuentran evidencias sobre el empleo de diagramas astronómicos para ser proyectados. Uno de los motivos que ralentizaron la introducción de las linternas ópticas en la enseñanza fueron las dificultades para conseguir fuentes de iluminación potentes y fiables. La linterna para fantasmagoría de Philip Carpenter y el esciopticon de Etienne-Jules Marcy representaron ya en los 1870 una mejora sustancial en la superación de estos problemas. Pero lo que produjo un impulso definitivo a esta tecnología fue la incorporación de la fotografía a sus procedimientos. Los hermanos William y Frederick Langenheim, de Filadelfia, fueron los primeros en elaborar diapositivas de cristal apropiadas para la proyección (los daguerrotipos eran inviables por ser opacos). Su logro, conocido como “hialotipo”, fue presentado en 1849 y obtuvo un reconocimiento notable en la Exposición Universal de Londres de 1851. Fue en la década de 1870 cuando la linterna mágica pasó a considerarse como un aparato de proyección plenamente aceptado en los círculos científicos y educativos, más allá de los juegos prodigiosos o curiosos (Eisenhauer, 2006, 198-214).

En los institutos de secundaria encontramos evidencias de la incorporación de estas técnicas a las prácticas educativas y divulgativas (ya vimos en el capítulo 4 el interés del Museo Pedagógico por promover estos procedimientos). En el curso 1883-1884, por señalar un caso, se aprobó la adquisición de un aparato de proyección en San Isidro que respondía a los últimos diseños producidos por los fabricantes franceses, una vez probada su “eficacia [...] como método de enseñanza”¹⁰. A continuación se señalarán otros efectos de la extensión de estos métodos, con efectos igualmente en la enseñanza.

c. Los fabricantes de las representaciones

En este punto lo que nos interesa son las contribuciones específicas de los fabricantes a los procesos de inserción educativa de estos mecanismos. Dada la relevancia para el público español, seguimos la oferta de uno bien cono-

¹⁰ *Memoria del curso 1883-1884*, Madrid, 1885, 11-12.

cido, la firma Lerebours¹¹ et Secretan, una información que nos permitirá comprobar cuáles eran los estándares del material visual en 1853.

La tecnología educativa presente en el catálogo consistía en una linterna mágica sencilla, de latón, de coste moderado (entre 80 y 180 reales) acompañada de doce vidrios pintados. También había una gran linterna mágica, de 250 reales; un aparato de fantasmagoría, más complejo y elaborado, de coste elevado (desde 1000 a 2400 reales), y un megáscopo, al que no se concede excesiva importancia. Acompañaban a estos aparatos amplias colecciones de placas fijas y móviles, entre ellas un grupo dedicado a la astronomía, donde llama la atención una dedicada a representar el sistema de Copérnico y también el de Tycho Brahe, cuya intención en el último caso es representar conocimientos históricos (como ocurría con determinadas demostraciones).

Existían otros procedimientos destinados a la proyección y a la visualización de fotografías o de imágenes pintadas. Exclusivamente dedicado a las representaciones científicas se encontraba el ya mencionado microscopio solar, del que se destacan sus rasgos pedagógicos insustituibles (Lerebours y Secretan, 1853, 11-12).

Este instrumento contaba con cerca de cien años de existencia y su finalidad y composición técnica se habían mantenido casi invariables durante todo este tiempo. En sus primeras etapas, recibió el aval de Henry Baker, que escribió la obra *The Microscope Made Easy* (Londres, 1742) para difundir las diferentes aplicaciones populares de la microscopía. Allí explicaba cómo debía manejarse este aparato proyector, y afirmaba que podían obtenerse con él imágenes nítidas y excelentes de un objeto. “Este -decía- puede aumentarse hasta unas dimensiones inimaginables para aquellos que no lo hayan visto nunca. Cuanto más se aleje la pantalla mayor se verá la imagen; tanto es así que un piojo puede verse aumentado hasta 5 ó 6 pies, pero se ve con mayor nitidez cuando se aumenta solo la mitad de esa cantidad” (Baker, 1769 22). Las otras observaciones previstas eran las dedicadas a la circulación de la sangre, a las pulgas y a los tejidos animales y vegetales. En España encontramos referencias a su uso demostrativo a finales del siglo XVIII. Son las que aparecen en la *Gaceta de Madrid* (3 de noviembre de 1797) relativas a las exhibiciones de Francisco Benvenú, establecido en Madrid. Procedía de París y

11 Noël P. Lerebours (1807-1873) era un experto en material óptico que realizó contribuciones importantes a la daguerrotipia; fue autor de diversas obras. En 1845 se asoció con Marc Secrétan (1804-1867), óptico suizo también experto en procesos daguerrotípicos, Brenni (1994, 3-6).

en el anuncio se decía que era profesor de física y que “habiéndose empeñado en perfeccionar el microscopio solar, ha logrado darle un grado de perfección hasta ahora no conocido, pues si se mira una pulga con él, parece alta de 15 pies [casi 5 metros] en todas sus dimensiones; lo mismo sucede con los demás insectos a proporción de su tamaño: un pelo parece de 5 pulgadas [1,5 m.] de diametro; en el se ven claramente el nervio, la arteria anterior, destinada a llevar el succo hasta el extremo: los gusanos que están en el vinagre parecen otras tantas anguilas largas de 7 ú 8 pies, y gruesas a proporción; se distinguen perfectamente los huevos que en sí encierra la hembra”.

Si lo trasladamos al entorno educativo del siglo XIX, comprobamos que en los manuales se reproducían en términos similares los propósitos del pasado, sin pretensiones renovadoras. En la obra de A. Ganot, *Tratado elemental de física elemental y razonada*, edición española de 1909 (pág. 450), se decía sobre el microscopio solar lo siguiente:

El microscopio solar ofrece el medio de exhibir fenómenos muy curiosos a un gran número de espectadores; por ejemplo, la circulación de la sangre en la cola de los renacuajos o en la lengua de una rana, la cristalización de las sales, particularmente de la sal amoniaco, y también los animales que se observan en el amoniaco, en la pasta de harina, en las aguas estancadas, etc.

El uso dedicado a la proyección de las muestras citadas, acompañado de una puesta en escena sobrecogedora (siempre que previamente se acertara con la preparación y dominio de todo el proceso, operación no sencilla), se mezclaba con las explicaciones sobre la composición del aparato, es decir, con contenidos propios de los temas de física, en este caso los dedicados a la óptica y a los fenómenos de reflexión y refracción.

En el catálogo de Lerebours se describen tres modelos, dos acromáticos de diferente tamaño, y un tercero para cuerpos opacos. El primero (véase la fig. 19) está firmado por Secrétan. De este instrumento se afirma que tiene, además de las lentes acromáticas (una novedad con respecto a modelos anteriores), un mecanismo de enfoque variable. La caja para transportarlo contiene los accesorios necesarios para las preparaciones y las piezas para las proyecciones relativas a la circulación de la savia de las plantas y de la sangre, además de diez objetos preparados y accesorios para su ajuste. Su precio era de 720 reales. El segundo venía acompañado de útiles para la polarización, un prisma de Nicol y uno de turmalina. Los autores añaden sobre estos dispositivos que “Los microscopios solares no solo permiten ver a numerosas per-

sonas los cuerpos proyectados ('mis en expérience') sino que su gran campo (de 1 a 5 metros), unido a su poder de aumento, lo convierten en uno de los instrumentos más apreciados de la óptica demostrativa" (Lerebours y Secretan, 1853, 12).

Se ofrecían igualmente otros modelos de microscopio de proyección que sustituían la fuente solar por la llama producida por gases o por el efecto fotovoltaico.

La fantasmagoría, también mencionada en el catálogo, era un tipo de ilusión óptica que estaba comprendida de igual manera en la física recreativa y que era familiar para un profesor de física experimental. El profesor y naturalista Juan Mieg, cuando se refiere a los espectáculos de Robertson en Madrid decía sobre este tipo de demostraciones que "La fantasmagoría o el arte de hacer aparecer fantasmas, espectros y otros espíritus por medios artificiales, es una de las más bellas experiencias de la física recreativa, cuando se ejecuta con todas las ilusiones que pueden suministrar la óptica, la mecánica, la electricidad, la acústica y la química" (Mieg, 1821, cit. en Frutos y López San Segundo, 2016, 555-572.)

Este tipo de proyección estaba presente en los manuales de física (véase la fig. 20), lugar en el que se legitimaba la vinculación entre las operaciones demostrativas variadas y los fundamentos teóricos. Así, por mencionar un caso, en el *Tratado completo de Física*, de Depretz, traducido al castellano por Francisco Álvarez (Madrid, 1844, vol. II, 290) se dedica la siguiente reseña a este artificio:

La linterna mágica difiere poco del megascopio, los objetos se iluminan con lámparas y el conjunto es además portátil. La fantasmagoría es una linterna mágica en la que se aproximan o se aleja de la lente convergente para que varíe la magnitud de la imagen; de este modo se produce el mismo efecto que si los objetos se aproximaran o alejaran. Para que la ilusión fuera completa sería necesario también que la luz cambiara de intensidad.

En el Instituto de Secundaria de Gerona se adquirió un fantascopio (o fantasmagoría) muy probablemente a la firma Lerebours y Secretan en torno al año 1849 (Pons y Pitarch, 2017, 83-99). Del mismo periodo se conservan en el centro varias vistas probablemente empleadas para fines educativos junto con este aparato. Todas ellas (cinco en total) consisten en placas montadas en bastidores móviles relativas a temas astronómicos: eclipses, rotación de la Tierra, mareas y movimiento de un cometa. Este tipo de instrumentos que combinaban ciencia, educación y entretenimiento se completaron con otras

compras pertenecientes al mismo dominio, como un microscopio solar, una cámara lúcida de Amici, un caleidoscopio y un fenaquistiscopio. Estas se adquirieron a través de la firma mencionada y a la casa Deleuil.

d. Tecnología y educación

Antes de 1835, el Instituto de San Isidro contaba con una linterna mágica de latón, provista de nueve cristales pintados, y un microscopio solar de Cuff (según el catálogo publicado como anexo a la *Breve historia* de Santisteban, 1875, 186). Estos dispositivos pertenecían a la colección de los recursos educativos que se formó en el siglo XVIII. Entre 1835 y 1878 (Santisteban, 1875, 201) se adquirieron diversos artefactos de proyección, pero este hecho no representó un cambio sustancial en los principios demostrativos.

Un estudio sobre las placas presentes en la colección histórica del Instituto nos permite conocer algunos detalles sobre los patrones temáticos establecidos por los fabricantes¹². Hay vistas pertenecientes a Historia, Química industrial y agrícola, Geografía, Astronomía, Física, Química, Arte... El grupo de astronomía se relaciona con los modelos disponibles en el catálogo de aparatos de proyección de Alfred Molteni de 1874, proveedor habitual de este tipo de material del centro, aunque las adquisiciones para el Instituto se produjeran en una fecha posterior, en las décadas de 1880 y 1890. Según se asegura, hay importantes coincidencias entre las descripciones del catálogo de venta y las vistas disponibles en la colección. Hemos visto anteriormente y seguimos comprobándolo aquí que el mundo de la astronomía ocupaba un lugar destacado en la construcción del imaginario científico.

Alfred Molteni, que crea con su tío Louis Jules Molteni la firma J. A. Molteni en 1863¹³, comenzó poco después a colaborar con el astrónomo y conocido divulgador Camille Flammarion. El primero proporcionaba las placas que Flammarion empleaba en sus conferencias, unas series que eran conocidas como “maravillas celestes”. En sus *Instructions pratiques sur l'emploi des appareils de projection* (primera edición de 1878) ofrece indicaciones pedagógicas sobre los presupuestos y expectativas que se contemplaban en estos métodos de la enseñanza por la vista. En las primeras páginas se señalaba

¹² Celaya, Martín Latorre y López Campos (2006,307-314). Sobre la presencia de la linterna mágica en los centros de secundaria, Pitarch (2018).

¹³ La casa Molteni sin embargo se remonta a 1782, cuando un descendiente de ópticos italianos se establece en París.

cuál era la idea que persistía desde hace unos años en estas técnicas de comunicación, y que nosotros hemos extendido salvo alguna excepción al uso del material científico en las aulas en general. Por medio de esas declaraciones comprobamos cómo los fabricantes habían forzado un consenso en torno al principio, según el cual, era a través de la imagen como se “graban” las cosas de una manera “más profunda, más perdurable y más exacta” (1881, 7).

A la convicción anterior se añade una segunda certeza. Según Molteni, en un mundo en el que se multiplican los conocimientos, en el que estos han adquirido una dimensión considerable, estos métodos permiten reducir tanto la fatiga como el tiempo que se emplea en el trabajo dedicado a su asimilación. Se revelan así los propósitos que asisten a estas propuestas pedagógicas, consistentes en la pretensión de añadir un elemento de entretenimiento al aprendizaje y así lograr una asimilación más efectiva del contenido curricular: “Instruir divirtiendo, tal debe ser la preocupación de todos los profesores. Instruir divirtiendo, tal debe ser el espíritu del estudiante, quien así adquiere el gusto por la enseñanza...” (1881, 8). Pero los esfuerzos de cambio solo han encontrado acomodo en el ámbito de la enseñanza libre y popular; no han tenido eco por tanto en el dominio de la enseñanza oficial, por estar ésta según señala Molteni poco dispuesta a variar unos procedimientos poco flexibles, acompañados de una predisposición por la solemnidad y seriedad con las que se plantean estos estudios (1881, 9). El fabricante se encuentra con la barrera de los cometidos institucionales, cuyo interés tanto en Francia como en España -según se vio- es la formación de ciudadanos y hombres de Estado. Para terminar, citamos estas líneas del autor que describen cuál es su concepto de la función de la fotografía: con “La proyección, gracias al concurso de la fotografía, se logran los propósitos de exactitud y precisión. Así muestra lo que existe dentro de la propia realidad, y se impide así que se pueda formar una idea falsa derivada de una concepción imaginaria” (Molteni, 1881, 12).

El propio Alfred Molteni consagró mucho tiempo a participar con sus equipos en las demostraciones públicas. En la ilustración que forma parte de una de las conferencias donde participó (véase la fig. 21), pronunciada en esta ocasión en el anfiteatro de la Universidad de la Sorbona en 1880, se observa que mientras Stanislas Meunier, geólogo y periodista científico, realiza las explicaciones, Alfred Molteni manipula la linterna de proyección. En un escenario noble y académico, repleto de personas, se muestra qué parte de la experiencia es significativa, al tiempo que adquiere el rango de una vivencia objetiva.

Los motivos específicos de las placas de astronomía presentes en San Isidro repetían los rituales consolidados desde hacía tiempo en torno a las imágenes que había que compartir en este campo. De las 46 placas de la colección, 13 están dedicadas a la mecánica celeste (sistema copernicano, ptolemaico, movimiento aparente de los planetas interiores sobre el fondo de estrellas, órbita de la Luna y la Tierra...); 12 a los fenómenos celestes (eclipse de Sol, eclipse de Luna...); 9 a la Tierra (esfericidad, mareas, estaciones...); 8 a los objetos celestes (constelaciones, cometas...), y 4 a astronomía práctica y teórica (manchas solares, conos de sombra y penumbra en la Tierra...). Entre ellas hay tanto placas fijas como móviles. Hay que recordar para comprender las preferencias en las adquisiciones de este tipo de material que en el orden clásico de los conocimientos, el primer lugar en la jerarquía lo ocupaban las matemáticas; el segundo lugar la astronomía y el tercer lugar la física y sus supuestas aplicaciones. Por tanto, las consideraciones prácticas no son tampoco en este caso un factor relevante para explicar el curriculum y los métodos empleados en la enseñanza.

El fondo del material visual se completa con los temas ya comentados, sobre los que no se ofrece información adicional salvo el dedicado a la química industrial y a la agricultura. Este conjunto responde -ahora sí- a cambios institucionales derivados de la conversión de los institutos de segunda enseñanza en institutos generales y técnicos en el año 1901.

Los patrones vistos se repetían en otros centros cuyos inventarios reflejan el interés por poseer la tecnología de proyección. Solo como ejemplo de una metodología compartida en los institutos de secundaria, mencionaremos que en el Instituto de Granada, en la memoria de 1861-62, aparece la referencia a un microscopio solar y en la de 1882-83 se citan diversas piezas pertenecientes a este campo (Sánchez Tallón, 2011, 358 y 362)¹⁴

Aquí se ha revisado la primera etapa de la adquisición de la tecnología visual, cuyos inicios se sitúan en la década de 1870, con el propósito de determinar su efecto en la predisposición del público hacia las imágenes que iba a contemplar. Esta expansión coincide con el interés por la instalación en las

14 “Aparato de proyección para los efectos de poliorama, con tres lentes acromáticas iluminantes o condensadores de luz de once centímetros de diámetro: tres objetivos acromáticos en armadura de latón con cremalleras y diafragmas para la producción de los cuadros disolventes; tres lámparas con tubos de latón para evitar se inflame el petróleo, y cuatro metros de mecha para dichas lámparas. Un cromotopo. Ocho vistas fotográficas en negro, a 1,50 pts cada una. Una vista fotográfica con una estatua sobre fondo negro. Dos vistas con colores apartados para la disolución. Dos vistas mecanizadas o de movimiento”.

paredes de las aulas de carteles con explicaciones e imágenes científicas vinculadas a diversas materias¹⁵. A partir de 1900 las compras se multiplicaron y prueba de ello son las colecciones disponibles en los institutos de secundaria, como el Cardenal Cisneros¹⁶.

En general, las proyecciones que proporcionan los equipos eran notablemente ingenuas, hecho que podemos comprobar al ver algunos ejemplares pertenecientes al Instituto de San Isidro y que se encuentran actualmente en el Museo Nacional de Ciencia y Tecnología. Unas, las móviles, estaban dedicadas a mostrar la esfericidad de la Tierra simulando diversos efectos de objetos y personas situadas en su superficie, así como el movimiento de los planetas según órbitas “perfectamente circulares”. En otros casos se representa el movimiento de Mercurio, Venus y la Tierra sobre el círculo de las constelaciones del zodiaco, cuyos signos aparecen dibujados. Las placas pintadas de temas científicos, algunas transferidas desde las imágenes presentes en los textos y adornadas con pigmentos atractivos, como ocurre en el caso de la física y la química, presentan fenómenos que no reflejan con precisión los conocimientos de la ciencia acreditada, sino más bien modelos pertenecientes a un imaginario adaptable a aparatos y artificios mecánicos.

Mediante los procesos tecnológicos, la creencia en la veracidad y la fiabilidad de las proyecciones se extendió a otras dimensiones: la de los mundos invisibles y lejanos y la de las experiencias demostrativas. Se añadían así nuevas representaciones al imaginario científico

El acceso a una parte de estas realidades fue posible por medio de la microfotografía, una técnica que había producido resultados ya en la década de 1840 pero que devenía popular en el periodo 1850-1870. De esta forma comenzaron a ser familiares detalles espeluznantes de insectos y arácnidos y formas caprichosas de diatomeas y cristales (véase la fig. 23). Imágenes extraordinarias que podemos observar en la obra dedicada a difundir estos procedimientos de Richard Kerr, *Nature through microscope and camera* (Londres, 1909) (véase la fig. 22).

Estos sistemas de observación estuvieron presentes en los gabinetes de los institutos de secundaria, como en el de San Isidro, donde se compró un apa-

15 Sobre este soporte comunicativo, Bucchi (en Pauwels, 2006, 90-119), Hentschel (2014) y Borges de Faria (2017).

16 Sobre la colección de placas del IES Canarias Cabrera Pinto (antiguo Instituto de Enseñanza Secundaria de Canarias), véase: <http://www.museocabrera Pinto.es/blas-cabrera/fondos-documentales/linterna-magica/>

rato microfotográfico perteneciente a la casa Deleuil de París¹⁷. Correspondía al periodo comprendido entre 1876-1885, cuando estaba a cargo de la firma el hijo del fundador, Jean-Adrien Deleuil¹⁸. Además, existen evidencias de la creación de dependencias dedicadas a trabajar con las imágenes micrográficas. Se habilitó, por ejemplo, en el Instituto de Murcia un gabinete micrográfico en 1892, a cargo del doctor Francisco Medina y Romero, interesado en las importantes adquisiciones del centro para la cátedra de Historia Natural y en su relevancia como técnica de apoyo a la investigación experimental. Estuvo funcionando al menos hasta 1905 y probablemente se impartieron durante este tiempo enseñanzas relativas a estos recursos (López Fernández, 2001, 48 y 49)

Dentro de las tradiciones de la cultura visual, de la fusión de la microscopía y la fotografía, Stacy Hand encuentra un significado específico a la microfotografía. Para la autora no se trataba solo de transmitir la lógica científica de la precisión, sino que en estos actos comunicativos se recreaban ilusiones entretenidas. No fue sencilla la introducción de estos métodos en los círculos científicos, porque había una extendida desconfianza hacia los procedimientos microfotográficos (Hand, 2008, 927-928). Este doble discurso en torno a la práctica científica, el académico-oficial y el popular-recreativo, se trasladó como se ha visto al oficio demostrativo en las aulas, espacio en que se consolidó como recurso didáctico y se facilitó la aceptación de las técnicas descritas junto con las imágenes expuestas.

Los tratados sobre el funcionamiento y uso de las linternas de proyección fueron un tipo de obra fundamental para la difusión de los instrumentos entre especialistas y personal docente. Este es el caso de la obra de Lewis Wright *Optical projections: A Treatise on the Use of the Lantern in Exhibition and Scientific Demonstration* (Londres, 1895, 3ª ed., cap. 13, 179 y ss.)¹⁹. En ella el autor mantenía que antes de 1880 los proyectores con accesorios micrográficos no ofrecían unos resultados aceptables, por lo que se propuso su mejora. Emprendió los trabajos de ajustes y cambios en colaboración con el conocido fabricante Herbert C. Newton. Los primeros experimentos los realizó con diatomeas. En este proceso recibió el reto de T. Curties, *fellow* de la Royal

17 En el Instituto de Badajoz se adquirieron placas con preparaciones micrográficas para el gabinete de Agricultura (*Memoria de los cursos 1906-1907*), véase “La colección de placas de linterna del antiguo Instituto Provincial de Badajoz” (VV.AA, 2013).

18 Brenni (1995, 4-7).

19 Se hicieron otras ediciones en 1906 y 1920.

Microscopical Society, quien, según nos confiesa Wright, se conformaba con que se viese “la lengua de una moscarda [blow-fly] con un tamaño de seis pies”. Poco después se completó el proyecto con resultados aún superiores, presentados en 1884 en la sociedad microscópica mencionada. En la figura reproducida del texto se observa una sección del instrumento.

La técnica de las proyecciones se aplicó a los dispositivos y aparatos demostrativos, hecho que aportaba una perspectiva diferente a estas experiencias. Los proyectores podían acomodar en un soporte aparatos diversos, un procedimiento que facilitaba su iluminación y, una vez que la imagen pasaba por una lente, su exposición en una pantalla. La obra anterior de Wright ofrecía un amplio listado, acompañado de explicaciones diversas, de los temas que podían beneficiarse de estos métodos. Decía en *Optical projections* que cualquier linterna con leves modificaciones podía adaptarse a estos usos y que fueron las escuelas alemanas las primeras en emplearlos (Wright, 1895, 153). Entre estas finalidades se mencionaban: la física mecánica y molecular, la fisiología, la química, el sonido, la luz, el calor, el magnetismo y la electricidad. En el caso particular de la electroscopía (véase la fig. 24), mediante el dispositivo se proyectaba el fenómeno consistente en la aplicación de una carga en el extremo metálico del frasco, acción que tenía como consecuencia que las láminas dispuestas en su interior se separaran. De esta forma, la experiencia de un proceso se convertía en una imagen para un colectivo y, por tanto, en una prueba ocular, esto es, siguiendo el lenguaje de la época, en una “demostración”.

e. Pensamiento visual

El aprendizaje por medio de imágenes, reforzadas por la autoridad de los artefactos, tiene otros efectos. Buena parte de la ciencia y de la técnica se construye mediante el conocimiento tácito, ya mencionado, y con el uso y combinación de imágenes y metáforas, los recursos del pensamiento visual. Eugene Ferguson destacó ya hace un tiempo (1977 y 1992) la importancia de estos elementos en la formación técnica e ingenieril. Por una parte, se refería a cómo se había iniciado una tradición de libros de máquinas, ricos en ilustraciones, que fueron incorporados al curriculum de la École Polytechnique y otros centros. Por la otra, llamaba la atención sobre cómo desde el siglo XVII, con Joannes Comenius y su *Orbit Sensualium Pictus* (1658) se impulsaba la metodología de la asociación palabra-objeto, que más tarde, en el siglo XIX,

adquirió la forma de la lección de cosas, defendida en la obra de Norman A. Calkins, *Primary Object Lessons* (1861). En la época se lamentaba que estos métodos solo se aplicaran en los primeros años de aprendizaje y que luego se perdieran paulatinamente (Ferguson, 1977, 197).

Ferguson analiza un caso, el del fonógrafo de Edison, que nos parece apropiado por su relación con los gabinetes de secundaria y con los asuntos aquí mencionados (1992, 26-29). Destaca como una extensión del pensamiento visual el reconocimiento de “estilos” personales en los diseños. El de Edison, en particular, era más ecléctico que estrictamente personal. Sin embargo, en sus creaciones pueden identificarse algunos elementos comunes, unas soluciones mecánicas que se encuentran en los fonógrafos, telégrafos impresores, kinetoscopios... Uno de esos elementos es el cilindro rotatorio sobre el cual se monta el resto del sistema, un tipo de combinación que se encuentra en otros aparatos y que Edison prefirió a la del dispositivo plano en forma de disco (idea que en algún momento contempló, como muestran sus dibujos). Hay por tanto un conjunto de propuestas que emplea el tecnólogo para atender los problemas planteados y que además pueden ser características de un periodo.

En 1886, en el informe recogido en las actas de la National Education Association de Estados Unidos se distinguía, en una escala que iba de las representaciones más concretas a las más abstractas, entre los objetos reales, los modelos, las fotografías, los diagramas, los experimentos, el lenguaje y los libros²⁰. Estas afirmaciones se producían en el contexto del debate sobre el dominio del verbalismo en la enseñanza y del impulso que recibieron, como reacción a esta tendencia, los movimientos a favor de los métodos visuales y prácticos. Los psicólogos y pedagogos elaboraron diversas jerarquías, que han influido hasta nuestros días, cuyo cometido era evaluar la eficacia del aprendizaje en función de la contraposición entre lo real-accesible-manipulable (en un extremo) y lo simbólico (en el opuesto).

Pero en la práctica docente las diversas dimensiones, la visual, verbal y manipulativa son difícilmente separables. Todos los recursos sensoriales e intelectuales se contemplan o activan simultáneamente y, además, no hay objetos prediseñados para un cometido exclusivo. En realidad, su significado depende del uso. En el marco de las demostraciones, los aparatos se empleaban para producir fenómenos e impresiones y su propósito era, por tanto, más

²⁰ *Proceedings of the National Education Association*, citado en Saettler (2004, 140).

ilustrativo que analítico. De ahí que se pudieran sustituir por una imagen²¹, si bien a esta representación había que añadir los mecanismos de refuerzo y persuasión que aportaban los diferentes artefactos que la acompañaban.

²¹ En la filosofía pedagógica que insistía en los procedimientos y en la metodología las imágenes consistían más bien en la reproducción de procesos y gráficos, es decir, en herramientas analíticas.

CAPÍTULO 8

ARTEFACTOS Y FORMACIÓN DEL IMAGINARIO CIENTÍFICO: LA DIFUSIÓN DE VALORES

1. Aparatos, cuerpos y mentes

Se han visto las contribuciones de los dispositivos a la formación de la experiencia y del pensamiento visual. En el presente apartado, el papel mediador del instrumento consistirá en su contribución a la difusión de determinadas imágenes y valores relativos a la sociedad, el cuerpo y la mente. Como se había comprobado en el capítulo anterior con la función mediadora de los artefactos, en este caso también contamos con estudios que han contemplado la dimensión que tratamos aquí para comprender los propósitos de determinados tipos de instrumentación. Un ejemplo particularmente significativo es el análisis del historiador de la química Trevor H. Levere sobre el lugar ocupado por los aparatos en la extensión de las nuevas ideas vinculadas a la química de finales del siglo XVIII (Levere, 2005).

*a. Cuerpos, vigor físico y progreso social*¹

En la introducción de la obra de John Dewey, *Experiencia y educación*, Javier Sáenz Obregón mantiene que las demandas y presiones de la sociedad industrial y los avances de la psicología científica proporcionaron argumentos para el planteamiento de una nueva pedagogía (Dewey, 2010, 28-31). En esta orientación, que contó con la aportación significativa de profesionales de la medicina, así como de los planteamientos institucionistas trasladados al Museo Pedagógico Nacional, se promovió el análisis científico del estudiante

¹ Sobre la relación entre los sistemas productivos y financieros y la medicina, partimos de las siguientes reflexiones de Foucault, de gran influencia en los estudios sobre la difusión de los presupuestos higienistas: “El capitalismo [...] socializó un primer objeto, que fue el cuerpo, en función de la fuerza laboral. El control de la sociedad sobre los individuos no se opera simplemente por la conciencia o por la ideología, sino que se ejerce en el cuerpo, con el cuerpo. Para la sociedad capitalista, antes que nada, lo importante era lo biológico, lo somático, lo corporal. El cuerpo es una realidad biopolítica; la medicina es una estrategia biopolítica” (Foucault, 1999, 365-366). Este control sobre el cuerpo –añadimos– se ejerce igualmente con los instrumentos.

con el propósito de facilitar su inserción socioeconómica. Así, al control estatal, expresado en los planes de estudio, exámenes y títulos se pretendía unir el control social, en este caso contando con la intervención de diversas instituciones psicopedagógicas. Como se ha resaltado en otros lugares, el gabinete y las adquisiciones materiales participaron en la asimilación de estos valores, manifestados en la educación secundaria tanto de los años finales del siglo XIX como ya de una manera más amplia en las primeras décadas del XX. Así explicaba Cossío las reformas que se querían impulsar desde el Museo²:

El [problema] de verdadera actualidad, el que más vivo y profundo interés excita a la hora presente, es el de la nueva *formación* y construcción de la Pedagogía, por virtud del afán con que, desde todas partes y puntos de vista, se procede a aplicar, especialmente al *estudio del niño*, los métodos, tanto de la observación como de la experimentación científica. Partiendo principalmente de la higiene y de la antropología general se han formado la antropología y la antropometría escolares: y la psicología-fisiológica, así como la comparada, ya en animales, ya en individuos anómalos, ya en razas y sociedades primitivas, han contribuido a crear la psicología pedagógica experimental. La escuela tiende cada vez más a convertirse en laboratorio de Pedagogía, sin contar con que este mismo carácter toman también, en gran parte, los laboratorios consagrados en especial al estudio de la psicología.

Una de las dimensiones de estas perspectivas novedosas es el movimiento higienista, cuya presencia en el campo educativo se hace efectiva en el plan de 1868³. Por un lado, se muestra en la asignatura de Fisiología e Higiene, con tres lecciones semanales, y por el otro, en 1893 en la asignatura de Gimnástica higiénica. Según la presentación que acompañaba al nuevo plan, la primera era una de las asignaturas “olvidadas”, junto con el Castellano, la Psicología, el Arte, el Derecho, la Agricultura y el Comercio (Viñao, 2000; Araque y Colmenar, 2011). Viñao afirma que la institucionalización del higienismo se logra mediante la aportación de personas vinculadas directa e indirectamente a la Institución Libre de Enseñanza, como Ricardo Rubio, subdirector del Museo Pedagógico; Luis Simarro, profesor de Antropología Pedagógica del mismo museo⁴; Francisco Giner de los Ríos, fundador de la ILE, y Pedro de Alcántara García. Escolano, además, ha estudiado una dimensión representativa de esta corriente, la de la organización horaria, que el autor vincula

2 Cossío ([1897] 2007, 201).

3 Recordemos, promovida en el Sexenio Democrático (véase el cap. 2).

4 Introdutor de la psicología experimental en España y autor en 1889 de los primeros trabajos sobre el “surmenage” (fatiga) escolar.

con las contribuciones del positivismo experimental y con las políticas sociales impulsadas para responder a los problemas derivados del industrialismo (Escolano, 2000, 116). Cita a Herbert Spencer, un autor leído en España en cuyos *Principios de educación física, intelectual y moral* se aseguraba que la carga lectiva, el exceso de trabajo intelectual, tenía consecuencias nefastas para el desarrollo natural de los niños. Este desajuste se pretendía examinar científicamente, siguiendo esta vez los patrones de la psicología experimental y los estudios sobre la fatiga, a los que aludiremos en el siguiente apartado.

Se han mencionado diversas disciplinas que van a mantener estrechas relaciones entre ellas: la fisiología experimental; la antropología, y su rama, la antropometría (con su propósito principal: mejorar la raza); la psicología experimental; la organización escolar y la educación física. Campos a los que hay que añadir la paidología. La consistencia científica de estas materias se obtenía por medio de las medidas que proporcionaban los aparatos, rasgo que se traslada a las demostraciones que encontramos después en las aulas. Al comentar la obra de Díaz Muñoz, *Compendio de Antropología y Pedagogía* (1914), afirma García Castaño que los temas de estudio de este campo son la fisiología y la psicología, entendida “la primera como una parte de la Antropología que estudia las funciones de la vida orgánica, las causas de las que dependen estas funciones, sus leyes de manifestación y los fenómenos que se realizan. Y entendida la segunda como la ciencia que estudia la misma naturaleza del sujeto en la que se suceden los fenómenos anímicos”. También formaba parte de este dominio la psicofísica pedagógica, que “marcará el posicionamiento del hombre y de su origen”, incluyéndose en la parte final el tema de la antropometría como muestra de la “medida del hombre” (García Castaño, 1987, 142).

Nos interesan en particular los contenidos de fisiología que se exponen en los libros de texto, donde predominan las referencias descriptivas, pero en los que de igual manera se presentan temas que admiten un tratamiento cuantitativo. Estos últimos son los que establecen un puente que une la fisiología con las materias antropológicas, en particular con la antropometría, así como con la psicología y la gimnástica higiénica. A estas asociaciones contribuyeron decisivamente los instrumentos, cuyo uso podía trasladarse de unas áreas a otras.

En los manuales, las alusiones al instrumental no son significativas, pero sí aparecen algunas nociones básicas relacionadas con la creaneometría de gran relevancia para otros estudios. En la obra de Sandalio de Pereda, *Programa*

razonado de un curso de historia natural con nociones de fisiología é higiene (Madrid, 1873, 6^a), el autor afirma en el apartado dedicado a las facultades intelectuales que si bien la determinación de la esencia de los sentidos, los nervios y el encéfalo está fuera de nuestro alcance, sí es posible conocerlos con “respecto a la cantidad”, por medio de los procedimientos cefalométricos. Como se señala, el más conocido es el ángulo facial de Camper, un método al que se alude de forma recurrente en los libros de texto de secundaria dedicados a la asignatura⁵. Estaba formado (véase la fig. 25), por las líneas ab y cd, y añadía el autor que “La perfección intelectual, según dicho fisiólogo [Petrus Camper] está en proporción del número de grados del expresado ángulo: este varía en el hombre de 71° a 90°, según la edad y su raza [...]; es de 40° a 67° en el chimpancé y en el orangután, 35° en el mandril, 25° en la marmota, etc.”⁶.

Como consecuencia de su aproximación cuantitativa a la anatomía comparada, el médico y naturalista holandés Petrus Camper (1722-89) había aportado un instrumento eficiente para los estudios empíricos sobre las tipologías humanas: el “ángulo” anteriormente aludido. Había llegado a estos supuestos influido por los modelos artísticos, más que a través de la anatomía. Según Camper, había una relación entre las cualidades humanas y la disposición vertical de la cara: mientras los animales tienen hocico, los antiguos griegos tenían elevadas frentes. Su influencia fue notable entre los que en el siglo XIX iniciaron trabajos dedicados a clasificar cráneos en Europa y otros continentes y, en general, en los estándares de la antropología física (Smith, 1997, 274-275).

5 Por señalar algunos ejemplos, en Josep Monlau i Sala, *Nociones de fisiología e higiene, con las nociones de anatomía humana correspondientes*, Madrid, 1872, 3^a; en la sección 145 se afirma: “Partiendo del principio de que el desarrollo de la inteligencia guarda relación con el volumen del cerebro, se han propuesto varios procedimientos para determinar esta relación. Son los más famosos el ángulo facial de Camper y la *Frenología*”; Luis Pérez Mínguez, *Nociones de fisiología e higiene*, Valladolid, 1897, 8^a; Manuel Mir y Navarro, *Elementos de fisiología e higiene*, Barcelona, 1899, 2^a. De igual manera aparece en los programas de estudio, como en el del Instituto de Valencia, redactado por Ribera Gómez, *Programa de las lecciones de un curso de fisiología e higiene*, Valencia, 1878.

6 Más adelante, añade algunos detalles sobre el significado del ángulo de Camper: “El ovoide del cráneo, con relación á la pirámide facial, es también muy superior en el hombre con respecto á los animales: en estos, conforme son más estúpidos, aumenta la cara á la vez que disminuye el cráneo. Las dos líneas del ángulo de Camper, principalmente la vertical, pueden modificarse en su inclinación por la mayor ó menor prominencia de los arcos dentarios, el tamaño de los dientes y los mayores o menores espacios (senos) que hay entre la tabla externa o interna de los huesos del cráneo, resultando errores acerca de la capacidad de este que no se pueden evitar con tal medida” (Pereda, 1876, 67-68).

Estos patrones instrumentales se trasladaron al mundo educativo, proporcionando medios para examinar con pretendido rigor científico a los estudiantes, con la esperanza de mejorar el proceso de aprendizaje y su proyección profesional futura. Carmen Ortiz nos ofrece detalles sobre este vínculo entre la antropología, la pedagogía y la paiedología (Ortiz, 2003). En su trabajo destaca los paralelismos que se establecieron entre la mentalidad primitiva y la mentalidad infantil, base de las correspondencias anteriores. El niño era el laboratorio en el que experimentar los usos y habilidades de las comunidades de aborígenes. En España, sigue la autora, fue a partir de la década de 1880 cuando se emplearon las técnicas promovidas por la antropometría. En esta perspectiva, dominada por el naturalismo, el conocimiento de la morfología y la fisiología era el paso previo para comprender la especie humana y sus variedades. Pero también había un interés práctico en esta orientación, en este caso relacionado con las aplicaciones de unos procedimientos que podían contribuir a la mejora social. Asistimos por tanto en esta época al nacimiento de la pedagogía científica, un concepto que significaba situar en un lugar preeminente el uso de instrumentos de medida (estandarizados y disponibles en diversos países) y asimilar las conclusiones de la psicofísica. La institucionalización de estos planes y propuestas, favorecida por la creación del Museo Pedagógico Nacional⁷ y de los laboratorios antropométricos, permitió el inicio de programas de recopilación de datos de estudiantes de diferentes niveles, comenzando por los más jóvenes. Afirma Ortiz que las medidas realizadas, principalmente craneométricas, constituían la base sobre la que se llevaban a cabo las clasificaciones raciales, pero también eran una herramienta para la investigación criminológica y educativa (Ortiz, 2003, 76). En este último apartado, las medidas que interesaban eran las de la cabeza, el tronco y las extremidades, así como las de carácter fisiológico, como la respiración, fuerza y expresión, acompañadas de las proporciones corporales⁸. Para estos cometidos se diseñaron hojas y cartillas escolares normalizadas,

7 Estaba dotado de una pequeña colección de aparatos para estos fines, Puig-Samper y Galera (1983, 85).

8 Rufino Blanco llevó a cabo ya en las primeras décadas del XX un programa de estudios amplio, donde examinó a numerosos estudiantes (Puig-Samper y Galera, 1983, 84); seguidamente citamos los siguientes trabajos publicados en el *BILE* relacionada con el tema: Flórez, “Un gabinete antropológico con aplicación a la pedagogía”, *BILE*, XI (1887), 33-35; MacDonald, “Estudio antropológico y psico-físico de los niños de las escuelas de Washington”, *BILE*, XXIII (1899), 98-102; y Simarro, “El exceso de trabajo mental en la enseñanza», *BILE*, XIII (1889), 37-39; 88-91; 369-373- (García Castaño 1994, 97).

en cuya elaboración participaron de manera destacada médicos y también algunos pedagogos, como Cossío.

La consolidación de estas prácticas, junto con la expansión de los valores implícitos en las mismas se consiguió mediante la elaboración y distribución por países europeos y americanos de diversos instrumentos y aparatos estandarizados. En México, por señalar algunos casos, los médicos de la Escuela Nacional de Medicina negociaban la adquisición de material con los fabricantes mejor situados en el mercado, como Nacet, la casa Mathieu y Cia., Charles Verdin y la firma de Jean Frédéric Charrière. Los instrumentos de este último y de sus sucesores (su hijo Jules y los aprendices Robert y Adolphe Collin) conocieron una notable difusión en América (Cházaro, 2012, 64-71). Sus dispositivos antropométricos se ubican en el catálogo de 1862 de Jules Charrière (“Fabricant d’instruments et appareils de chirurgie et de médecine en tous genres...”) dentro del apartado dedicado a la anatomía. Allí se presenta como innovador tanto en los procedimientos industriales como en el diseño de nuevas piezas. Puede comprobarse el tipo de medidas demandadas en estos campos observando los instrumentos descritos (estesiómetros, dinamómetros, el compás creaneométrico...), aunque por el año de la publicación la oferta es aún discreta. En Brasil, la construcción de la antropología física se inicia en torno a 1860 y recibe la decisiva influencia de los modelos franceses, representados por los presupuestos metodológicos de la Société d’Antropologie de París, donde, como es conocido, destaca la figura de Broca (Da Silva e Sá y otros, 2008).

Los primeros instrumentos craneométricos fueron promovidos por los frenólogos en las décadas de 1820 y 1830, con el interés de relacionar la forma del cráneo con los rasgos mentales de una persona. Los más básicos consistían en dos arcos unidos en un extremo y una regla acoplada al mecanismo. Dentro del emergente campo disciplinar de la antropología, los craneómetros conocieron una importante popularidad y variedad. En la década de 1830, Samuel Morton y John Turnpenny diseñaron un goniómetro facial, pensado para determinar el ángulo facial con una precisión de 2 ó 3 minutos. La siguiente fase en la que se efectuaron innovaciones en estos artilugios corresponde a los años de florecimiento de la antropología física, entre 1860 y 1900.

Uno de los autores más destacados en este periodo fue Paul Broca, que escribió numerosos artículos sobre instrumentos craneométricos, presentando en ellos una amplia variedad de dispositivos. Los más influyentes, realizados en colaboración con el fabricante de instrumentos quirúrgicos Louis-Joseph

Mathieu⁹, fueron el estereógrafo, de 1865, que proporcionaba una proyección bidimensional del cráneo, así como el goniómetro facial mejorado (véase la fig. 26) y el goniómetro occipital (Carson, en Bud y Warner, 1998, 157-159; Hoyme, 1953). El médico y antropólogo Broca esperaba así cumplir los propósitos de la etnología: establecer jerarquías dentro de la escala humana. La línea más fructífera en este terreno fue la que pretendía establecer correlaciones entre la inteligencia y el volumen craneal. Sobre estos estudios afirmaba:

Superamos fácilmente el problema escogiendo, para nuestra comparación de los cerebros, unas razas cuyas desigualdades intelectuales no dejan lugar a dudas. Así, la superioridad de los europeos respecto de los negros africanos, los indios americanos, los hotentotes, los australianos y los negros de Oceanía, es suficientemente cierta como para servir de punto de partida para la comparación de los cerebros (Gould, 1987, 78)¹⁰.

La aportación del sector representado por los fabricantes de instrumentos, con sus indicaciones sobre las contribuciones y beneficios del material ofrecido, así como la publicidad sobre las ventajas y prestigio de las firmas, resultó de gran valor en la configuración de una imagen destinada a los potenciales clientes. Ya lo habíamos visto en apartados anteriores dedicados a otros tipos de piezas. Ahora revisaremos el caso de la Cambridge Scientific Instrument Company, en concreto, la sección titulada “Descriptive list of Anthropometric Apparatus, consisting of Instruments for Measuring and testing the chief Physical Characteristics of the Human Body” (1887). Allí se afirma al comienzo que este tipo de instrumentos tienen un doble cometido: uno personal y otro estadístico. En el primer caso, las medidas periódicas ayudan a mantener un registro del desarrollo del niño o el joven; pueden así detectarse dificultades que limitarían las competencias futuras. En el segundo caso, los registros proporcionan información sobre la eficiencia de una nación como conjunto y la dirección que sigue. También proporcionan datos sobre la influencia que en la evolución del cuerpo nacional tienen las diferentes ocupaciones, residencias, escuelas, razas, etc. Se identifica en estas palabras el ideario funcionalista en el que se insertan los instrumentos: la consideración de la sociedad como un cuerpo compuesto de elementos cuyo perfecto ajuste contribuye al beneficio del conjunto.

Después, en el mismo catálogo se añaden las virtudes de los recursos: el alto valor para cualquier institución de un material cuyo coste es insigni-

9 Braye (2014). Mathieu trabajó en el 8 Rue de l'ancienne comedie, Paris, 1851-1890; Mathieu (1864).

10 Véase también Hume (2000, 33-34).

ficante y cuyo uso es muy sencillo. Es el lenguaje propio del fabricante de instrumentos, destinado a los responsables de la política científica y educativa. El empleo de estos dispositivos tiene, como se afirma en el texto, la misma utilidad que los registros concernientes al color de los ojos y del pelo de la población. Este plan de elaboración de instrumentos derivaba, según se asegura, de los proyectos de Francis Galton, quien, como se sabe, estaba interesado en determinar los factores que obraban en el progreso a partir de los estudios estadísticos sobre la variación de las diferencias individuales en la población. Para ello creó un laboratorio provisto de procedimientos de medida antropométrica (inaugurado en la International Health Exhibition de 1884), cuyo fin era reunir amplias colecciones de datos físicos. El propósito final era demostrar que la posición social y el éxito, especialmente en un mundo dominado por la competencia y la industrialización, dependían de las diferencias biométricas heredadas, que mantenían una correlación con las distintas capacidades humanas, y eran por tanto independientes del entorno. De ahí que planteara procedimientos de intervención social planificada para mejorar la sociedad, favoreciendo a los más capacitados y dificultando la procreación de los menos capacitados. Se sentaron así las bases del movimiento eugenésico. Galton escribió, entre otras muchas obras, *Life history album: tables and charts for recording the development of body and mind from childhood upwards, with introductory remarks* (Londres, 1902, 2ª ed.), con formularios estandarizados para emplearlos en laboratorios, centros privados y públicos y escuelas.

Volviendo ahora a la realidad de los institutos de secundaria en España, comprobamos que los valores antropométricos, según las evidencias relacionadas con la posesión del instrumental normalizado de medida, se difundieron no tanto a través de la asignatura de Fisiología e Higiene sino de la de Gimnástica higiénica. El material relacionado con la antropometría, según las evidencias disponibles, estaba disponible en al menos tres institutos, el de Pamplona, el de Badajoz y el de Canarias.

La educación física no estuvo presente en el Plan Pidal. La Gimnástica se introducía por primera vez en el currículo en 1847, pero fue una aparición efímera. Unos años más tarde es cuando se configuran los planes del mencionado conde de Villalobos, creando centros privados y públicos dedicados a esta disciplina e impulsando la gimnasia científica, proyecto que significaba el uso de variados instrumentos de medición.

En el plan de secundaria, esta materia ya no volvería a mencionarse hasta 1873, cuando el ministro de Fomento de la República, Eduardo Chao, la recuperó. Recibió el nombre de Gimnástica higiénica y tenía un carácter voluntario. Pero estas disposiciones quedaron, como se sabe, en suspenso. En la Restauración, los gobiernos liberales fueron más proclives a promover la asignatura. En 1887 se abrió la Escuela Central de Gimnástica. El paso decisivo para el reconocimiento educativo de la disciplina se daría en 1892, por Real Decreto del 26 de julio, por el que se creaban cátedras de gimnasia en diez institutos de poblaciones donde hubiera universidad. Un año más tarde (Real Decreto de 1 de septiembre), el ministro Moret, del gabinete de Sagasta, establecía la obligatoriedad de la enseñanza de la Gimnástica en todos los institutos (Martínez Navarro, 1983). En el decreto (*Gaceta de Madrid*, 10 de septiembre de 1893, 253, p. 969) se determinaba en la segunda disposición que “Los Profesores anotarán el desarrollo de cada alumno y formarán un registro pedagógico-higiénico que el Director del Instituto remitirá trimestralmente con su V.º B.º, por conducto del Rector, á la Inspección general de enseñanza y al Director del Museo Pedagógico Nacional”. Se está hablando de la realización de una ficha antropométrica, en la que como había ocurrido con otras medidas, relativas al uso de las estaciones meteorológicas y la implantación del nuevo sistema métrico, el Estado mantuvo un elevado interés en su ejecución. En la tercera disposición del decreto se ordena que los rectores prescriban la apertura de los citados registros y de que se les facilite a los profesores los recursos materiales y locales para la enseñanza. En la cuarta, además de la frecuencia semanal de la docencia, se establece que cuando el tiempo lo permita se llevarán a cabo excursiones mensuales al campo y visitas a monumentos, fábricas y establecimientos públicos.

Además de las reglas para el establecimiento de las cátedras, el 18 de marzo de 1894 se emitía una circular por la que se declaraba obligatoria la enseñanza de la Gimnástica (*Gaceta de Madrid*, 19 de marzo de 1894, nº 78, 1066-1067). Aquí se ofrecían indicaciones adicionales acerca de la ficha antropométrica:

El Registro pedagógico-higiénico de los alumnos lo llevará el Profesor de Gimnasia, con arreglo á cuanto se prescribe en los modelos 1, 2, 3 y en las reglas que acompañan á los mismos, y se unirá á las respectivas hojas de estudios con el objeto de que constituyan verdaderas biografías escolares, pudiendo de esta suerte, y merced á la compulsa de las de todos los institutos, apreciarse las tendencias, facultades y condiciones de la juventud.

En el modelo 1 se anotaban los datos de filiación; en el 2 los anatómicos, métricos, el diámetro del pecho y otras partes del cuerpo, y en el 3 los físicos y los psicofísicos. A continuación, se reproducen las indicaciones específicas de todos los parámetros que se pretenden clasificar (*Gaceta de Madrid*, 19 de marzo de 1894, n° 78, 1068). Así, aparece la información sobre los instrumentos empleados y su modo de uso; por ejemplo, para las “proporciones del cuerpo” se señala “una cinta métrica, un compás de espesor, un compás movable, un goniómetro facial oblicuo de Broca y cualquier tratado moderno de antropometría”; para la capacidad de los pulmones, “el espirómetro de Waldenburg”, de “Dupont” o de “Verdin” o, como se señala, con el procedimiento del “orfanato Prevost”; para determinar la fuerza, se emplea el dinamómetro de Mathieu, de Dupont, Robert o Collin. Para las variables psicofísicas se remite al Laboratorio de Metropología del Museo Pedagógico, sección recientemente creada.

Las prácticas a las que aludimos intervinieron en la consolidación y provisión de significado a los presupuestos implícitos en el reformismo social, esto es, al argumentario que pretende mejorar, mediante los recursos universales de la ciencia, la adaptabilidad del individuo a las condiciones exigentes del entorno. Esta pretensión contemplaba la adopción de una perspectiva biologicista y naturalista en el análisis de las conductas particulares y colectivas. En la circular de la Dirección General de Instrucción Pública se citaba a Spencer, Rousseau, Pestalozzi y Mosso, y se afirmaba que “sin hombres sanos y robustos, la especie humana se debilita, el progreso padece y los pueblos degeneran”. Después, se hace un alegato a favor del cultivo del vigor físico, denostándose igualmente los excesos del intelectualismo. Sin citar al autor, si bien se trata de los estudios de Mosso sobre la fatiga, se ofrece como argumento las investigaciones sobre la fisiología y su comparación con el trabajo mecánico, en las que se demuestra que se gasta más energía en las tareas intelectuales que en las “rudas manipulaciones de la industria y de la agricultura”. Se observa aquí un giro tecnicista en el que se sobrevalora el cuerpo y se apela a la formación integral (cuerpo y espíritu), reivindicada en el ideario de la ILE. El antiverbalismo de las décadas anteriores se ha tornado ahora en antiintelectualismo, un concepto con connotaciones políticas, si tenemos en cuenta que quienes lo promueven pretenden igualmente desmontar las severas regulaciones del Estado, en particular las medidas previas al Sexenio Democrático.

En el Instituto de Pamplona se estableció la cátedra de Gimnástica higiénica el 2 de abril de 1894. Al frente de la misma se encontraba el médico Saturnino Martínez. Durante el curso, como se disponía en las reglamentaciones generales de la asignatura, se realizaron excursiones y se visitaron fábricas. En ese tiempo se habilitó un espacio para el gimnasio y se compraron diversos aparatos para los ejercicios físicos. El siguiente año, además, se adquirieron varios instrumentos para los registros antropométricos. Consistieron en un espirómetro de Boudin; un dinamómetro de Mathieu; un dinamómetro de Robert y Collin; un goniómetro facial, oblicuo, de Broca y un estuche antropométrico de Broca¹¹. En el Instituto de Secundaria de Badajoz se compraron en el curso 1898-1899 instrumentos similares¹². Por último, en el Instituto de Canarias se inician las enseñanzas de la asignatura de Gimnástica en 1894, momento en que se solicita una colección de material análogo al que se ha citado. Pero este no llegó. Hubo que esperar al año 1902, cuando se crea la Sala de Gimnasia y se destina a instrumentación la mitad de la inscripción, para subsanar esa demanda (Almeida, 2003, 51-52).

En el colectivo de los profesores encontramos igualmente rasgos de la mentalidad que pretende vincular la atención al cuerpo con el fortalecimiento moral y social, es decir, los argumentos propios del ideario de Herbert Spencer y del darwinismo social. Hemos comprobado estos planteamientos por ejemplo en la obra de Marcelo Sanz Romo, referente de la gimnástica en España y autor entre otros textos del *Manual de Gimnástica Higiénica y Juegos Escolares* (Madrid, 1897). En el prólogo, reconoce su admiración por Eduardo Vincenti, Director General de Instrucción Pública y responsable de la circular del 18 de marzo citada anteriormente. Vincenti fue también diputado liberal (miembro del Partido Liberal), concejal y alcalde de Madrid. Pero aquí, además, nos interesan las palabras pronunciadas en el Congreso de los Diputados el 23 de junio de 1899 donde sostenía que Estados Unidos “nos ha vencido no sólo por ser el más fuerte, sino también por ser más instruido, más

11 *Memoria sobre el estado del Instituto Provincial de Enseñanza Secundaria de Navarra*, Pamplona, 1895, 74-75.

12 Un espirómetro modelo (¿?), un compás de gruesos, un compás de corredera, un dinamómetro, un listómetro, una báscula hasta 100 kilos, goniómetro facial oblicuo de Broca, dinamómetro de Robert y Collin para la fuerza de tracción, dinamómetro universal de Mathieu y dinamómetro del doctor Omvius, *Memoria correspondiente al curso de 1898 á 1899, leída en la solemne apertura del año académico de 1899 á 1900*, Badajoz, 1900, 41-42; sobre la continuidad de las clases de Gimnasia en la Escuela Normal y en el Instituto pacense, Mateos y Córdoba (2012, 135-152).

educado”¹³, lo que significaba promover una política educativa centrada en las enseñanzas positivas y prácticas.

En el desarrollo de los temas que componen el manual de Sanz Romo se advierten cuáles son los usos del instrumental ligado a la asignatura. Después de aludir a la forma del cráneo, la primera de las medidas y más elemental que identificamos es la correspondiente a la “altura del hombre”, incluida en el capítulo donde se explica “la máquina humana; sus planos, su conformación y partes más principales”. Allí se muestra una tabla con estaturas medias, donde se indica que la talla media a los 30 años es de 1,6841 m, y se explica seguidamente que tanto si fuera mayor como menor presentaría problemas para desempeñar determinados trabajos. Añade que, según se ha observado con análisis científicos, la talla es más alta en los habitantes de las ciudades que en el campo, en los países ricos que en los pobres, y en los que cuentan con una mejor alimentación y educación que donde hay deficiencias en la nutrición (Sanz Romo, 1897, 69-70).

En el apartado dedicado a los efectos de la gimnasia en el cuerpo, la atención se centra en las aportaciones del ejercicio al aumento de la cavidad torácica y, por tanto, de la capacidad pulmonar y de la resistencia (1897, 93-94). A estas estimaciones están vinculadas las medidas proporcionados por dos instrumentos ya mencionados: el compás torácico y el espirómetro.

La sección que se ocupa de la fuerza muscular menciona explícitamente diversos modelos que permiten determinar su medida. Se citan los dinamómetros de Regnier, Mathieu, Colin, Helmholtz y Marey. Con ellos se obtienen datos estadísticos, como se asegura, de la fuerza de presión manual, fuerza de tracción de los brazos y de tracción vertical de abajo a arriba (1897, 108).

La antropometría, construida en torno a una amplia muestra de medidas corporales, contribuía, observando las variaciones estadísticas y estableciendo comparaciones, a reforzar la proyección social del discurso biomédico. Estas relaciones forman parte del núcleo del pensamiento spenceriano, como ya dijimos¹⁴.

13 Fernández Soria (1998).

14 Las tesis básicas de este ideario son, según la exposición de Barbero-González (2012, 590-591): a) “«Las necesidades de la vida moderna ejercen una presión cada vez mayor en las personas de todas las edades». En estas circunstancias, ni las personas (contexto familiar), ricas o pobres, ni la sociedad (marco escolar) prestan la atención debida a la formación física de la infancia y la juventud; b) Tal dejación es, si cabe, mayor en el caso de las niñas, debido a que las pautas que rigen la educación de las buenas señoritas restringen su libertad de movimientos; c) Este proceder es contrario a lo que demuestran las

Estas ideas estuvieron presentes en el contexto político español, sigue el autor, como puede comprobarse en la defensa de Manuel Becerra, efectuada en 1881, de la proposición de ley relativa a la creación de la Escuela Central de Gimnástica de Madrid (Barbero-González, 2012, 592).

Una parte de este argumentario se refleja también en las posiciones de Sanz, especialmente en el apartado que dedica a la “Importancia y necesidad de la educación física en la sociedad actual”. Allí mantiene que el descuido de la educación física tiene un efecto pernicioso en la educación intelectual; el desequilibrio entre estas dos dimensiones es lo que conduce al estado conocido como *surmenage*, síntoma de una generación decadente (Sanz Romo, 1897, 45-46). De igual manera es necesaria para fomentar en la juventud una de sus más légitimas aspiraciones: el amor al trabajo. A continuación, se repite una línea argumental, consistente en recordar que la salud y la robustez proporcionan beneficios a la fuerza de un pueblo y le conceden ventajas en la lucha por la existencia: “la victoria es del que tiene más vigor físico; eso acontece en las industrias y especialmente en las guerras” (Sanz, 1897, 48). Caer en el *surmenage* intelectual significa crear generaciones “débiles y anémicas”. Los instrumentos -añadimos nosotros- suministran la medida del vigor y salud del pueblo, su índice de competitividad. Son por tanto recursos para sentar las bases de una ingeniería social¹⁵.

ciencias (biología, fisiología, etc.) y a las leyes de la naturaleza; d) Las condiciones de vida de las sociedades modernas traen consigo una progresiva degeneración de la raza: nuevas enfermedades (calvicie prematura, pérdida de piezas dentales...), disminución de la estatura y de la amplitud de formas, menor resistencia a la fatiga y, en fin, debilidad general de la estirpe; e) El déficit de vigor físico sitúa en condiciones de inferioridad a los individuos y a la nación-Estado en la dura lucha por la vida en la que solo los más aptos triunfan [...]; f) Por consiguiente, la EF [Educación Física] es una necesidad y una obligación porque, sin ella, la supervivencia, el progreso y la felicidad no son posibles. En este marco, Spencer promueve un código de moralidad física, dentro del cual la conservación de la salud es uno de nuestros deberes y todo daño impuesto voluntariamente debe ser considerado pecado físico [...]; g) El principio básico en el que Spencer se apoya para explicar el funcionamiento del cuerpo y el tratamiento de los (hoy llamados) bloques de contenido de la EF es el de la conservación de la energía. En otras palabras, la calidad y los beneficios o perjuicios de la alimentación, del vestido, del ejercicio corporal y del exceso de trabajo intelectual se analizan en función de su repercusión en el debe y el haber de la energía del organismo”.

15 Véase Heggie (2016, 169-200).

b. Mentes: la medida de las capacidades y la integración socioeconómica

La construcción de una pedagogía verdaderamente científica pasaba por asumir las prácticas de la psicología experimental y orientarlas al estudio del niño. Este proyecto contaba pues con otro aliado, un nuevo arsenal teórico, que se sumaba a las corrientes higienistas, a la antropometría y a la educación del cuerpo vistas anteriormente. Y en ese momento, hablar de “científico” significaba contar con equipos instrumentales que proporcionaran datos comparables y rutinas de trabajo. De esta forma se completaba el abanico de medios que ofrecían los partidarios del positivismo social para llevar a cabo el ideario eficientista. Estas tareas, en las que se medían diversas variables fisiológicas, se realizaban en los museos pedagógicos, donde se encontraban los laboratorios, pero poco a poco, especialmente a lo largo del primer tercio del siglo XX y a medida que se profesionalizan estas operaciones, se trasladaron a los institutos psicotécnicos o psicopedagógicos¹⁶, hecho que reforzó el valor de la vinculación entre la formación y las expectativas laborales. A continuación, examinaremos el lugar ocupado por los aparatos en estas transformaciones y, en particular, cómo se trasladaron estas prácticas a los institutos de secundaria, donde además atenderemos en particular a los planteamientos de un profesor que ejerció la docencia en estos centros, Eloy Luis André.

Hemos señalado en diversas ocasiones que el gabinete reproduce no solo los valores pedagógicos que acompañan a los programas y los planes de estudio, sino que de igual manera en las piezas que se acumulan y ordenan en los centros educativos también hay subgrupos que transmiten intereses y expectativas sociales y políticas. Lo hemos visto con los instrumentos de meteorología, con los juegos de pesas y medidas y con el instrumental antropométrico. Ahora lo comprobaremos con los dispositivos dedicados a la psicología experimental.

Para que los instrumentos lleguen a los centros educativos previamente deben haber pasado por un proceso de reconocimiento y estandarización,

16 Eran centros destinados a la investigación, práctica, demostración e información sobre una variedad de temas relativos a la pedagogía y a la psicología; entre ellos cabe destacar los siguientes: el Instituto J. J. Rousseau (posteriormente conocido como Instituto de Ciencias de la Educación), establecido en Ginebra por E. Claparède; el Instituto Central de Educación y Enseñanza de Berlín, el Instituto de Psicología y Pedagogía de Tilburg (Holanda); el Instituto Pedagógico J. A. Comenio de Praga; el Instituto Pedagógico de Viena, así como de Leningrado y de Bruselas (García del Dujo, 1985, 52); sobre su extensión España, se ofrece una panorámica general en Sánchez Vázquez y Guijarro Granados (2000).

donde participan diversos elementos, teóricos y prácticos. Como ya se advirtió, los presupuestos de los modelos que aquí se examinarán están muy próximos a los que impulsaron la antropometría (recordemos que el laboratorio creado en el Museo Pedagógico era de Antropometría y Psicología Experimental). Mientras que las colecciones destinadas a la meteorología y al sistema métrico pertenecen a medidas estatales dedicadas a la articulación del Estado, los contemplados en esta sección se insertan en el movimiento promovido por los colectivos de profesionales que, apropiándose de los valores científicos y técnicos, aspiraban a su consolidación social y política. Dentro de esta corriente positivista y naturalista se encontraban los valedores de las tesis de la ILE. En otros países, como Gran Bretaña, intereses sociales análogos se agruparon en torno a los estudios y enfoques estadísticos, fenómeno analizado hace algún tiempo por Donald Mackenzie¹⁷. Las transformaciones producidas a lo largo del siglo XIX en el campo de la craneometría –ya vistas– y de la fisiología recondujeron algunos de los planteamientos metodológicos normalmente aplicados en las ciencias humanas, alterando así campos como la pedagogía, la antropología, la psicología y la sociología. Varios son los nombres y proyectos institucionales que influyeron en estos cambios: desde Quetelet, Spencer y Galton a Broca, Wundt, el laboratorio de Leipzig, las sociedades antropológicas y los ya mencionados museos pedagógicos. Basta recordar algunas ideas del propio Spencer, ahora aplicadas a la pedagogía, para reconocer la importancia que adquiere, de nuevo, la perspectiva biomédica. Pertenecen a una obra clásica, *Education: intelectual, moral and physical*, compuesta de cuatro artículos escritos en los años 1850 y publicados en un solo volumen en 1861¹⁸.

Algunos de los presupuestos básicos de su filosofía pedagógica, que después hemos reconocido en las bases programáticas de movimientos renovadores de finales del siglo XIX y principios del XX, derivan de las respuestas a unas preguntas esenciales. Uno de los propósitos spencerianos principales es fomentar la actividad industrial. ¿En qué se ocupan la mayoría de los hombres?, se pregunta. Según él, en las tareas de explotación, preparación y distribución de productos. ¿Y de qué depende el éxito de estas operaciones? Para el autor, de un factor: la ciencia. “Este orden de conocimientos –afirma–, descuidado en gran parte en nuestras escuelas, es precisamente aquel en que se funda la realización de los progresos que hacen posible la vida civilizada”

17 Mackenzie (1978, 35-83).

18 Seguimos la edición española titulada *Ensayos sobre Pedagogía* (Madrid, Akal, 1983).

(Spencer, [1861] 1983, 47). Además, debe conocerse cómo se han de programar los saberes en la enseñanza. Para ello es un requisito básico dominar las leyes que rigen la evolución de la inteligencia en el niño. Y aquí plantea la cuestión: “¿Cuánto no diferirá la enseñanza tal como es, de la enseñanza tal como debiera ser, si son tan pocos los padres y maestros que sepan algo de psicología?” (Spencer, [1861] 1983, 59). Más tarde, reforzando esta posición y proyectándola a la sociedad en su conjunto, sostiene: “Sin las generalizaciones de la biología y la psicología, es imposible hallar la explicación racional de los fenómenos sociales” (Spencer, [1861] 1983, 66).

En las pautas educativas, Spencer cuestiona el aprendizaje memorístico y plantea que se comience por los casos particulares, por favorecer la experiencia y renunciar a proporcionar reglas y preceptos al discípulo. Por ello hay que atender a la “actividad espontánea del niño” y a sus facultades de observación. Sobre esta condición afirma: “Lo que se estimaba en él antes como un juego, como una curiosidad sin objeto, como una prueba de malicia, según los casos, se ha reconocido que es el procedimiento mediante el cual adquiere el espíritu humano las nociones en que se basará toda su futura ciencia; de aquí ha nacido el sistema bien concebido, pero mal aplicado, de las *lecciones de cosas*” (Spencer, 1983, 94). Estas ideas están relacionadas con las que examinamos en el primer capítulo relativas a los cambios en los procedimientos seguidos en la enseñanza de la ciencia y, por tanto, en el uso de los objetos en los nuevos contextos, los relativos a la promoción de los ambientes recreativos y al manualismo.

Spencer acompaña lo que dice con algunos ejemplos, unos casos en los que sugiere el uso en las aulas del método de la intuición directa: emplear una figura esférica para las lecciones de aritmética; enseñar los pesos y las medidas con una “vara”, un “pie”, una “onza”, un “cuartillo”, una “pinta” dejando que sea el propio estudiante el que encuentre las relaciones por medio de la observación. Y añade: “El empleo de las esferas en relieve y de los modelos de los cuerpos regulares en los cursos de geografía y geometría constituyen un hecho de la misma índole” (Spencer, 1983, 96). Las clases para el autor deben ser agradables y no penosas, por ello hay que sustituir las lecciones aprendidas de memoria por lecciones orales y experimentales, como las que tienen lugar en “los campos y jardines en que juegan los niños”¹⁹. En este contexto destaca las contribuciones del método de Pestalozzi.

19 También dice que cuando un niño muerde una piedra o rompe un juguete está aprendiendo las propiedades de la materia (Spencer, 1983, 97).

En el ensayo sobre la educación física alude a los temas ya vistos en secciones anteriores, así como a los principios sociobiológicos de su pensamiento. Dice allí que “No solo sucede frecuentemente que el éxito de una guerra depende de la robustez y del valor de los soldados, sino que en las luchas industriales también la victoria es compañera del vigor físico de los productores. [...] Es, pues, extraordinariamente importante el educar a los niños de manera que sean aptos, no solo para sostener la lucha intelectual que les espera, sino que también para soportar físicamente la excesiva fatiga que sobre ellos pesaría” (Spencer, 1983, 183-184). Las verdades que rigen para los animales inferiores, sostiene, tienen también un correlato en los seres humanos, así que “Ningún anatómico, ningún fisiólogo, ningún químico, vacilará en afirmar que lo que es verdad respecto del animal bajo el punto de vista biológico, lo es también respecto del hombre” (Spencer, 1983, 185).

Spencer establece en estas líneas los elementos que aseguran la fortaleza y la prosperidad de la sociedad, cuyo dominio depende del estado de los conocimientos fisiológicos y psicológicos. A partir de ellos, y siguiendo los esquemas del ideario utilitarista y liberal (si bien con matices frente a la interpretación clásica de Bentham y Stuart Mill) obtenemos beneficios para construir una pedagogía científica basada en el aprendizaje intuitivo, teniendo en cuenta que el orden de los conocimientos debe reproducir el proceso de asimilación natural de ideas, con una dedicación particular a la práctica y con una adecuada proporción de contenidos físicos e intelectuales. De esta manera se legitimaban los puentes de comunicación entre los resultados de campos como la psicología experimental y la pedagogía.

Esta vinculación se facilitó por el uso de procedimientos estandarizados, es decir, por aparatos que proporcionaban experiencias significativas, sistemáticas y comparables, tema en el que nos situamos ahora.

c. Los artefactos de la psicología experimental: expectativas y valores

Hugo Münsterberg, influyente discípulo de Wundt, afirmaba en 1913 en una de sus obras más conocidas, *Psychology and Industrial Efficiency*, que la psicología aplicada era de gran utilidad para los profesores: la pedagogía en lugar de depender de la filosofía iba a basar sus conclusiones en los resultados de los laboratorios (Münsterberg, 1913, 11). En España interesaron tanto sus trabajos relacionados con la psicología como con la pedagogía. La obra anterior fue traducida en 1914 (con el título *Psicología de la actividad industrial*)

y en 1911 ya habían aparecido, traducidos del inglés por Domingo Barnés, *La psicología y la vida* y *la Psicología y el maestro*, ambos publicados en Madrid.

La vinculación de la psicotecnia con el mundo escolar se había reclamado igualmente por otros investigadores, como Rudolf Schulze. La versión inglesa de uno de los textos representativos de esta orientación es *Experimental Psychology and Pedagogy: for Teachers, Normal Colleges and Universities* (1912, 1ª de 1909). Destacamos de esta obra las siguientes afirmaciones, en las que se pone de manifiesto la importancia que este movimiento concede a las manifestaciones corporales, detectables mediante los aparatos y relevantes para la técnica, frente a las intelectuales (Schulze, 1912, 290)²⁰:

Quien espere de la escuela que ejerza una influencia educativa además del mero cultivo del intelecto esperará ciertamente una formación que comprenda en el currículo el trabajo manual. [...] El cuerpo desempeña un papel importante; de hecho, no hay ninguna clase de trabajo mental donde el cuerpo no participe.

Por estas razones es necesario buscar una medida de la capacidad del trabajo corporal, así como estudiar en profundidad las leyes que gobiernan el trabajo del cuerpo tanto en niños como en adultos.

En España se conocieron también las prácticas y utilidades educativas de la psicología experimental y de la psicometría. Sirva de ejemplo un artículo de la revista ilustrada de periodicidad mensual *La vida intelectual*. Dedicada a cultura general, así como a la educación, pedagogía y medicina, el trabajo, publicado en 1907, se centraba en examinar las principales escuelas pedagógicas. En él se advertía sobre el interés de determinar las relaciones entre el trabajo físico, el intelectual y la fatiga. Como recurso para realizar estimaciones de estos factores se aludía a un aparato, el ergógrafo, sobre el que hablaremos más adelante. El texto lo firmaba Teodosio Leal Quiroga²¹, profesor de la Escuela Superior de Magisterio, interesado en la enseñanza del trabajo manual, quien solicitó, como ya vimos, una beca a la JAE para asistir a la exposición franco-británica de 1908 dedicada a la enseñanza.

Las prácticas psicotécnicas estuvieron presentes en los espacios educati-

²⁰ Otros textos con similares planteamientos fueron los de E. B. Titchener, *Experimental Psychology. A Manual of Laboratory Practice*, Nueva York, 1901-1905, 4 vols.; C. H. Judd, *Laboratory Equipment for Psychological Experiments*, Nueva York, 1907. La información de este apartado está parcialmente basada en el trabajo de Guijarro (2014).

²¹ Leal Quiroga (1907).

vos españoles a través de diferentes vías. Por una parte, por su vinculación a los programas de psicología experimental y, por la otra, por su relación con la psicología infantil o paidología. Al primer sector están ligados los casos de la cátedra de Psicología experimental vinculada a Luis Simarro en la Universidad Central, e igualmente los planes de los institutos de secundaria, los que afectaban a la modificación de las enseñanzas de Filosofía. En 1901 se estableció que los Institutos Generales y Técnicos debían albergar “Un gabinete de Física, otro de Historia Natural, otro de Agricultura, Técnica industrial y Topografía; otro de Cosmografía y Geografía (...) y un laboratorio de Química y otro de Psicofísica” (Real Decreto de 29 de septiembre de 1901, Régimen y gobierno de los Institutos de Segunda Enseñanza)²².

Sobre la relación con la psicología infantil, destaca por señalar un caso representativo, la obra del maestro de primera enseñanza, José Sarmiento Lasuén, *Compendio de paidología* (1914). Allí se aconsejaba el uso del ergógrafo y otros aparatos para realizar estimaciones del estado físico y mental de los alumnos²³. La pretensión, además, en este caso era establecer un orden racional en la distribución de los tiempos del trabajo escolar. Tengamos en cuenta que en esos momentos estaban emergiendo con fuerza las doctrinas tayloristas de la organización fabril. Para Escolano (1993, 150 y ss.), estos cambios obedecen a los intentos promovidos por autoridades y elites de difundir las disposiciones de la pedagogía moderna, asentadas a su vez en las premisas del higienismo. Se confiaba en diseñar políticas sociales basadas en la información reunida con criterios científicos, es decir, aunar eficacia y salud del estudiante.

En cuanto a la circulación de los instrumentos de la psicotecnia en los espacios de la enseñanza secundaria, no se advierte la existencia de un plan estatal concebido deliberadamente para este fin. Su presencia en esos lugares, por tanto, dependió de las iniciativas e intereses individuales. Un caso representativo de estas labores es el de un profesor ya mencionado, Eloy Luis André.

André (1876-1935) había nacido en un pequeño pueblo de la provincia de Orense y tras superar las diferentes etapas educativas se había presentado a las oposiciones a cátedra en la Universidad Central, puesto que no consiguió.

22 También se decía que allí donde no se pudiera contar con los gabinetes provisionalmente podían instalarse en las aulas láminas murales representativas de los aparatos.

23 Sobre este tema, Gallardo (2009, 99-106).

Así que se centró en la secundaria, donde en 1904 ganó la cátedra de Psicología, Lógica, Ética y Rudimentos de Derecho en el Instituto General y Técnico de Soria. Un poco más tarde solicitó el traslado al Instituto de Orense, donde permaneció diez años. Durante este tiempo recibió una pensión de la JAE para viajar a Alemania y asistir al laboratorio de psicología experimental dirigido por Wundt. En el curso 1912-13, en la relación de material adquirido durante ese tiempo aparece la referencia a un “Kymographion Krueger, num. 2.242, de Kimmermann [en realidad el nombre corresponde al fabricante alemán Zimmermann]”. El aparato, un quimógrafo, fue empleado probablemente por el profesor para continuar los estudios de fonética experimental que había iniciado en Leipzig (Castro, 2012, 11-14), y no para acciones demostrativas ligadas al programa.

Posteriormente, continuó impartiendo la misma materia en el Instituto de Enseñanza Secundaria de Toledo, una vez aprobada la permuta entre los catedráticos de esta ciudad y de Orense. Allí contribuyó a ampliar el laboratorio de psicología experimental, creado previamente por Julián Besteiro, profesor desde 1899 del centro y alumno, a su vez, de Cossío y de Giner de los Ríos en la ILE. Añadiremos que Besteiro había estudiado en el Instituto de San Isidro y en su etapa universitaria había prestado una particular atención al pensamiento de Nicolás Salmerón y a las orientaciones científicas de Luis Simarro. Las pensiones que le concedió la JAE (para viajar a Alemania y a Francia, de 1909 a 1913, y para desplazarse a Inglaterra en 1924) las dedicó a ampliar sus conocimientos y contactos en los campos que más le habían interesado: la psicofísica, la filosofía de la ciencia y la lógica y la realidad política de los movimientos obreros, así como las bases del ideario socialista²⁴. En el Instituto de Toledo aplicó el programa de Psicología que él mismo elaboró, en correspondencia con el decreto de Romanones (RD 6 de julio de 1900) que permitía a los catedráticos libertad tanto en la elaboración de los contenidos como en los libros de texto²⁵.

24 “JAE Educa. Diccionario de profesores de instituto pensionados por la JAE”, en <<http://ceies.cchs.csic.es/?q=content/besteiro-y-fern%C3%A1ndez-juli%C3%A1n>>

25 De este plan transcribimos las lecciones que estaban más estrechamente relacionadas con el material de psicología experimental: Lección 9ª. *El alma del niño. Psicología infantil*. Importancia de la Psicología infantil.-Valor de la observación vulgar.-Requisitos necesarios para el estudio científico de la infancia.-Principales problemas en que se ocupa la Psicología infantil.-La Psicología genética.-Ventajas del estudio de la Psicología infantil.-Simplicidad de los fenómenos del alma infantil.-El estudio del niño comprueba los análisis de los adultos.-Simplicidad fisiológica.-Posibilidad de hacer experimentos precisos acerca

Los equipos no se empleaban principalmente para las labores demostrativas, sino para comprobaciones y estudios de los profesores y probablemente para los informes derivados de las mediciones psicotécnicas y antropométricas de los estudiantes. Ahora bien, estas mediciones podían tener lugar en el espacio de la clase o en otros lugares comunes, por lo que contaban con un valor en la transmisión de conocimientos. Por tanto, la cultura material durante las primeras décadas del siglo XX se difundió también en estas áreas reclamando la participación del estudiante como sujeto de experimentación.

No tenemos evidencias concretas de las aportaciones de André al laboratorio²⁶, aunque conocemos rasgos generales de su programa²⁷ y los textos que elaboró, además de que, según se ha indicado, empleó los aparatos adquiridos en la enseñanza (Ruiz, 2005, 92). A partir de 1919 es cuando detectamos una mayor dedicación a los temas propios de la psicotecnia, especialmente por los contenidos de las obras que compuso. En ese momento fue nombrado por concurso de traslado catedrático de Filosofía y Psicología del Instituto Cardenal Cisneros.

También en 1919 aparecía el texto *Elementos de Psicología. La ciencia del alma según los resultados de la investigación experimental*, un trabajo que representaba más que un manual. De esta obra, influida por los presupuestos de Wundt, aunque con contribuciones propias²⁸, llegó a publicar cuatro ediciones. La tercera llevó por título *Nociones de psicología experimental* (1924) y la cuarta ya solo *Psicología experimental* (1931). En esta incluía un apartado para el tema de la psicología del trabajo, donde se contemplaba el uso de los aparatos. Esta presencia obedecía más al rigor técnico y científico que añadían estos estudios a la materia en general que a la aceptación de las posturas filosóficas que sustentaban la psicotecnia. André no era partidario del concepto de sujeto que se derivaba de esta perspectiva. Según el enfoque

del niño.-Peligroso error que ofrece la observación de la infancia./Lección 10ª. *Métodos de experimentación acerca del niño*. [...] /Lección 15ª. *Cómo podemos experimentar en el alma. Psicología experimental*. [...] (Ruiz, 2005, 190-193, "Apéndice documental).

26 La referencia sobre las adquisiciones realizadas para el gabinete y los laboratorios en el estudio de José M. Ruiz sobre el Instituto de Toledo se limita a afirmar "materiales para el gabinete de Psicología experimental (Eloy Luis)" (Ruiz, 2005, 132).

27 Era más complejo y extenso que el de Besteiro; su plan de Psicología y Lógica (1918) constaba de 41 lecciones para la primera materia y 41 para la segunda.

28 André no fue partidario del actualismo de Wundt: para él, el alma no era el conjunto de actividades psíquicas, sino, fiel al sustancialismo, el sustrato de las mismas (Blanco et al., 1996, 263).

que emanaba del uso de los diferentes aparatos y test, la mente se disolvía o fragmentaba en un ramillete de capacidades. Estas eran una consecuencia de la aplicación del dinamómetro, el ergógrafo (empleado junto con el quimógrafo), láminas ópticas (para agudeza visual), el silbato de Galton (agudeza auditiva), el compás de Weber (umbral de sensibilidad cutánea), el test de Terman (cociente intelectual), la caja de Decroly (inteligencia mecánica), el test de Bourdon (concentración), el laberinto de alambre de Rupp (habilidad mecánica), la caja de reacciones (determinar el tiempo de reacción en los procesos de elección y discriminación)...²⁹ Los resultados se disponían en un cuadro de profesiones donde se mostraban los perfiles psicológicos apropiados para cada una de ellas.

Prueba del interés de André por las aplicaciones de la psicología es su alusión en la última edición de la obra citada a uno de los conceptos nucleares de esos tiempos: la fatiga. Está en el centro de las consideraciones, planteadas ya por Spencer, sobre la organización más adecuada del trabajo escolar, sobre la relación entre las tareas físicas e intelectuales, sobre la distribución temporal de las disciplinas, sobre el agotamiento derivado de las demandas sociales, y sobre su influencia en el rendimiento. Era también un procedimiento en el que se manifestaba el correlato entre las respuestas fisiológicas y las psicológicas. Aparentemente se había encontrado con el mecanismo científico que podría resolver los problemas de desatención, apatía, desinterés... y mantener a la sociedad activa, atenta a los retos que se presentaban. El instrumento fundamental para visualizar y medir estos fenómenos, que formó parte de los gabinetes de psicología experimental, fue el ergógrafo, del que hablaremos seguidamente.

André dedicó doce páginas a hablar sobre el alcance y el significado de las estimaciones psicotécnicas. Todas apuntaban a un foco común: delimitar los principios que determinan el rendimiento en el trabajo y dar sentido a las prácticas llevadas a cabo con los diversos recursos técnicos³⁰.

29 Nos hemos basado en las pruebas planteadas por la Casa de Observación en la atención psicológica de los menores, dirigida por los Padres Terciarios Capuchinos; véase Sánchez Vázquez y Guijarro Granados (2005).

30 El autor definió la fatiga como “Un estado psíquico completo de naturaleza semejante a la cenestesia, porque en él intervienen elementos afectivos, motores y sensoriales, caracterizándose por un estado general de represión orgánica o de pesadez cerebral con estados de solución muscular de laxitud, de apatía o disgusto afectivo y de torpeza mental para las funciones de atención y perfección; las sensaciones orgánicas internas acusan una baja profunda en la curva parabólica del tono vital del sujeto, siendo muy semejante a los

Mantiene que hay dos procedimientos para medir la fatiga: el de Kraepelin, consistente en la realización de sumas y multiplicaciones con la finalidad de detectar errores en las prácticas rutinarias, y el centrado en el trabajo muscular, derivado de la interpretación de los resultados suministrados con el ergógrafo.

Sobre el material existente en el Instituto Cardenal Cisneros dedicado a estas prácticas, contamos con las evidencias proporcionadas por los inventarios realizados en 1946 por el catedrático de Filosofía que sucedió a André, Antonio Álvarez de Linera y Grund (1888-1960). Según Carmen Rodríguez (Rodríguez, 2012), después del fallecimiento de André en 1935 no se producen movimientos en los fondos del laboratorio, al menos hasta la elaboración de las relaciones anteriores.

El material perteneciente al laboratorio (o que terminó vinculándose al mismo a lo largo del tiempo, hasta la actualidad) fue estudiado en el trabajo mencionado anteriormente, donde se proporcionan fotos de los diversos objetos. Aquí nos limitaremos, por tanto, a los artefactos que con mayor probabilidad formaron parte del periodo que estamos estudiando, vinculados con los trabajos docentes y de investigación de André. Así, observamos la presencia de objetos relacionados con las materias promovidas por el eficientismo o el positivismo social: anatomía, antropometría y psicometría, estableciéndose así una suerte de continuidad entre las mismas. Hay modelos anatómicos dedicados a las sensaciones, los componentes básicos del conocimiento. Son objetos desmontables, lo que sugiere una realidad manipulable en piezas menores (las partes), con elementos que encajan perfectamente para formar una entidad funcional superior (el todo). Pueden simular entonces los procesos llevados a cabo en las disecciones, pero igualmente reflejan la disponibilidad de piezas intercambiables y su montaje en una producción en cadena. En ellos hay una jerarquía: por un lado, se identifican los sentidos que son meros receptores-transmisores (el oído y el tacto); por el otro, los que presuponen una transformación fisiológica (el gusto, el olfato y la vista).

Los modelos procedían del taller de Auzoux (el naturalista y anatomista

efectos producidos por el hambre y por la debilidad general. La fatiga puede ser corporal y mental, aunque en toda fatiga corporal hay repercusión mental, y viceversa. Una fatiga psíquica pura es imposible, porque toda fatiga supone el trabajo de un órgano corpóreo, un desgaste muscular./La fatiga corporal, propiamente hablando, es la fatiga muscular, sobre todo en los músculos que entran en función para el trabajo manual y el juego y en el movimiento en la marcha" (André, 1931, 319-320).

francés Luis Thomas Jérôme Auzoux, 1797–1880) y fueron adquiridos en las últimas décadas del siglo XIX. Inicialmente su destino debía ser la cátedra de Fisiología e Higiene pero acabaron integrándose con objetos pertenecientes a otras dependencias, como hemos ya comentado. Como otros fabricantes, sus catálogos no solo contenían índices de productos y precios sino la retórica comercial, en este caso centrada en las ventajas pedagógicas de sus objetos, dirigida a los potenciales clientes, principalmente las administraciones. Por señalar un ejemplo, el procedimiento empleado por Auzoux para la difusión en España de sus piezas era el siguiente. A través del embajador de Francia en Madrid, enviaba a la Dirección de Asuntos Comerciales del Ministerio de Estado catálogos y noticias de su anatomía clásica, junto con diversos escritos de profesores y autoridades avalando los beneficios de estos procedimientos. Del Ministerio de Estado se remitieron los documentos al Ministerio de Fomento, y finalmente desde aquí a la Academia de Medicina y a la Universidad Central (Gomis y Ruiz-Berdún, 2016, 42).

Los precios de modelos semejantes a los aquí mencionados (añadimos el del hombre clásico como referencia) eran los siguientes, según *La Notice sur l'Anatomie Clastique du Docteur Auzoux* (1865)³¹:

ELEMENTO	PRECIO EN FRANCOS
Hombre clásico completo, 1,80	3.000
Ojo completo	75
Oído, temporal de 60 cm	150
Lengua, 30 cm	150
Mano	150

En el inventario aludido, el de 1946, se menciona igualmente un instrumento identificado con las prácticas antropométricas. Escrito a mano, recibe el nombre de “compás deslizante de Broca”. En el estudio de la colección, Rodríguez se refiere a esta pieza como “compás cefalométrico”. Ya vimos anteriormente el uso y significado de estos instrumentos, por lo que no nos extenderemos sobre este componente de la colección. Este, en concreto, contiene la inscripción “E. ZIMMERMANN. LEIPZIG”, que corresponde al conocido fabricante alemán dedicado igualmente a los artefactos psicotécnicos. Aquí se añade a este acervo antropológico-médico una cabeza frenológica, firmada por Gustav A. Rietzschel, fabricante de material didáctico asentado también

31 Se ofrecen los datos según la tabla disponible en Gomis y Ruiz-Berdún (2016, 43).

en Leipzig³². Su presencia es llamativa, porque teniendo en cuenta la etiqueta del distribuidor -Sogeresa- el modelo es al menos posterior a 1918, fecha de la fundación de la casa española. No podemos descartar que aunque la frenología, que emerge en torno a 1800, había sido cuestionada intensamente en los círculos académicos³³, en los primeros años del siglo XX contara con un número significativo de seguidores, algunos estimulados por los estudios craneométricos, fisiognómicos (particularmente en criminología) y los dedicados a la comparación de cráneos. Recordemos que en los manuales de Fisiología e Higiene era objeto de descrédito, hecho que indica la vigencia de estas prácticas en esos momentos.

Es probable por tanto que el modelo se adquiriera durante la etapa de André. Para él, según reconoce en su texto sobre psicología, la frenología tenía un valor. Aunque hubiera estado en una situación de “bancarrota”, esta discutida aproximación al estudio de la mente “contribuyó no poco a determinar la naturaleza del funcionalismo cerebral y la índole de los procesos psíquicos” (André, 1931, 56).

Los catálogos, como se ha indicado en otras ocasiones, contribuían al establecimiento de patrones en la configuración de los gabinetes y de criterios de proximidad entre disciplinas diversas. En el de Sogeresa de 1950, que incorpora las tendencias de períodos anteriores, es en la sección VI donde aparecen los objetos aquí mencionados, dentro del apartado de Ciencias Naturales, de Antropometría y de Psicología. Estos campos, como se ve, se presentan unidos. Instrumentos para la determinación de medidas físicas (como la talla antropométrica, la báscula, el compás torácico, el compás Bertillon, que corresponde al mencionado “cefalométrico”...) se asocian con los dedicados a estimar las capacidades de reacción a estímulos externos (silbato de Galton; láminas oftálmicas; resistencia al deslumbramiento; estesiómetro de Weber...), los dedicados a la capacidad pulmonar (espirómetros), muscular (ergógrafo de Dubois-Mosso, dinamógrafo...), memoria y test de inteligencia. Como ya dijimos, en los institutos psicotécnicos, en los reformatorios y en

32 También contiene la inscripción, correspondiente al distribuidor español: “SOGERESA. SOCIEDAD GENERAL DE REPRESENTACIONES Y SUMINISTROS, S.A. MADRID-BARCELONA. Diego de León, 4 y 6. Apartado 713. Almacenes: Claris, 96.”

33 “A pesar de toda [la] retórica justificativa, la frenología nunca llegó a calar en la comunidad educativa: se fabricaron numerosas cabezas de porcelana con sus protuberancias señaladas, y la frenología gozó de la estima popular mientras que las vacas sagradas científicas la ignoraron” (Knight, 1988, 99).

otros establecimientos destinados a la integración social³⁴, la información cuantitativa y cualitativa reunida se empleaba para completar los cuadros de correspondencias entre los grupos de facultades y las ocupaciones profesionales más adecuadas. Esto significaba que la educación secundaria, a diferencia de lo ocurrido durante el siglo XIX, estaba destinada no solo a la adquisición de una cultura científica o de las nociones básicas para el acceso a estudios superiores, sino igualmente a la recepción de una formación que facilitase la inserción en un marco laboral con demandas tecnológicas crecientes.

En cuanto al uso de los instrumentos en las aulas, su presencia en los procesos de aprendizaje estaba relacionada con las mediciones a los alumnos realizadas por el profesor. Era esta, por tanto, una forma diferente de participación de los estudiantes, que no se resumía en la contemplación pasiva de la demostración, cuando esta tenía lugar. Sobre estas prácticas, contamos con el testimonio que proporciona el informe, firmado por José Gaos, de los trabajos presentados por Antonio Bernárdez Tarancón³⁵ a la oposición convocada para la provisión de una plaza de Filosofía en el recientemente creado Instituto Velázquez³⁶. Allí se refiere a la etapa de este último como profesor de psicología experimental en el Instituto de Enseñanza Secundaria de Bilbao. Gaos afirma que son particularmente meritorios los trabajos expuestos relacionados con “su” laboratorio de psicología experimental. Y continúa diciendo que “El juicio sobre estos trabajos ha de limitarse a la apreciación del conjunto. En lo que representasen de investigación psicológica llevada a cabo por el Sr. Bernárdez utilizando como sujetos de experiencia a sus alumnos, serían trabajos estimables; pero no parece ser éste su sentido, ni su valor. Estos trabajos tienen más bien la índole de contenido -siquiera parcial o complementario, con el carácter de prácticas- de las enseñanzas de psicología dadas por

34 Sobre este tema, Sánchez Vázquez (2004, 113-129).

35 Antonio Bernárdez Tarancón (Jerez de la Frontera, 1882-?). Este profesor había sido a principios de la década de 1920 catedrático en el Instituto General y Técnico de Cáceres, y era autor de obras como “Evolución de la Psicología y sus métodos” y “Juvenal y su ambiente histórico-científico: comentarios a la primera sátira”. Durante la guerra civil se trasladaría al Instituto Luis Vives de Valencia, Leoncio López-Ocón, <https://jaeinnova.wordpress.com/tag/antonio-bernardez-tarancon/>

36 Adjunta al acta nº 97 hay “INFORME SOBRE LOS TRABAJOS PRESENTADOS AL TRIBUNAL POR LOS SEÑORES OPOSITORES” autógrafo de José Gaos, firmado en Madrid 28 de agosto de 1932. [Informe sobre trabajos de Antonio Bernárdez Tarancón por José Gaos] (AGA), Ministerio de Institución Pública (Educación), Caja 5 (16) 3217926 (cit. en Azcona (2018)).

el Sr. Bermúdez a sus alumnos [...]”. Sin embargo, el filósofo desacredita la enseñanza de la psicología experimental, considerándola absurda en el bachillerato, según debe entenderse y se lleva a cabo en los países ejemplares en ese momento. Un juicio que no le impide valorar la dedicación del candidato: “una labor de un volumen e intensidad y, lo que vale mucho más, de una pulcritud formal tales, que quien suscribe se permite calificarla de excepcional en la segunda enseñanza española”. A esta apreciación favorable se une la de su compañero de tribunal, Tomás Carreras Artau, catedrático de Ética en la Universidad de Barcelona: “El Sr. Bernárdez ha presentado un buen número de obras y trabajos. Merecen ser destacadas, por su gran valor didáctico, las experiencias de psicología practicadas en clase con los alumnos para análisis de una serie considerable de funciones psíquicas, desde las sensaciones elementales hasta los procesos complejos de ideación y de sentimiento. Complemento, hasta cierto punto, de tales trabajos, contenidos en dos voluminosas carpetas, puede ser considerada la breve nota sobre “Aparatos de Psicología”, especie de vademecum de la experimentación psicológica escolar.”

Hemos visto cómo intervenían los objetos científicos en el proceso de identificación de capacidades que facilitasen el establecimiento de tipologías psicológicas, con el fin de cambiar o moldear la personalidad o de buscar su ajuste a las demandas laborales. Junto a esta contribución al suministro de información comparable, posible por el manejo de un lenguaje compartido entre los investigadores, los aparatos generaban otras imágenes con efectos en nuestra visión de las relaciones entre el individuo y la sociedad.

El ergógrafo (aparato estrella de la inabarcable literatura sobre la fatiga generada en la época) constaba de un soporte, un hilo que pasaba por una polea que terminaba en una pesa y un estilete (una aguja indicadora). Todo ello ajustado en una mesa, como se puede observar en la fig. 27. Para las mediciones, el antebrazo de la persona examinada se inmoviliza en el soporte, y uno de los dedos se sujeta al hilo. Los movimientos del dedo desplazan la aguja hacia delante y hacia atrás. Si en la mesa se fijaba un tambor giratorio, es decir, un quimógrafo (véase la fig. 28) entonces el aparato se convertía en un registrador de la fuerza o la resistencia. Las líneas inscritas en el tambor determinan la capacidad para el trabajo: la longitud de las mismas multiplicada por el peso levantado da el valor correspondiente a ese factor (véase la fig. 29), según se reconoce en la obra de Rudolf Schulze mencionada (1912, 291). Cada persona tenía entonces un perfil de fatiga distinto, una mayor o menor resistencia al trabajo. Con esta información se podía igualmente intervenir en el sujeto y alterar su disposición a una tarea prolongada.

Pero también la relación anterior transmite la imagen del ajuste entre dos mecanismos, la máquina humana (metáfora cada vez más extendida desde el siglo XVIII), representada por el brazo, y la máquina fabril, representada por el ingenio. Entre ambas hay un intercambio de energía; cuando el equilibrio se pierde aparecen los síntomas de fatiga³⁷. La metáfora puede extenderse al orden social. Los individuos se rebelan ante las imposiciones y demandas de la sociedad mediante las manifestaciones de cansancio.

Hay que tener en cuenta que el trabajo, realizado en este caso por la persona examinada, adquiere valor cuando se introduce el componente del tiempo, reflejado en este caso por la incorporación en el dispositivo experimental del quimógrafo. Este tambor registrador fue incorporado a la fisiología a finales de la década de 1840³⁸. El primero de los fenómenos registrados fue la presión sanguínea. Así, este tipo de instrumentos se sumaban a otros, pertenecientes en este caso a los estudios de acústica, que también producían grafos. El primero dentro de este campo científico fueron las placas de Chladni, instrumento ya conocido, mediante el que se obtenían diversas figuras que servían para analizar la distribución de las zonas de vibración y de reposo de una superficie sólida. El más importante de los artefactos diseñados para “escribir” los sonidos generados al hablar fue el fonógrafo, inventado por Édouard-Leon Scott de Martinville en 1857 (Hankins y Silverman, 1999, 133-137). Los signos mediadores en este caso ya no eran imágenes, sonidos o números, sino los trazos pertenecientes a una determinada representación gráfica. De esta manera podían ensayarse correlaciones y patrones de los fenómenos mediante el examen visual de las formas producidas por el instrumento. No se trataba ahora de reproducir la naturaleza mediante un artefacto, sino de analizarla.

Mediante el método gráfico, los estudios fisiológicos adquirieron un nuevo estatus y ganaron autoridad tanto en la ciencia como en la medicina (Borrel, 1987, 53-54), ya que, como pretendía Étienne-Jules Marey (inventor del esfigmógrafo) se contaba con un procedimiento para superar las limitaciones de los sentidos y la razón en la búsqueda de patrones en la naturaleza. En los

37 Para George Lakoff y Mark Johnson, “La metáfora de la máquina nos hace concebir la mente como si tuviera un estado de funcionamiento y otro de no funcionamiento, un nivel de eficiencia, una capacidad productiva, un mecanismo interno, una fuente de energía, y una condición de operatividad” (Lakoff y Johnson, 2015, 66).

38 Se incluyen igualmente en esta familia de instrumentos el esfigmógrafo (estudio del pulso), el cardiógrafo, el polígrafo, el pneumógrafo, el miógrafo (cambios musculares), el termógrafo...

inicios del siglo XX, el quimógrafo era el aparato fundamental de los análisis fisiológicos, que también se empleaba frecuentemente en los análisis de ondas sonoras y en fonética³⁹, convirtiéndose en el símbolo de un nuevo estilo pedagógico. Los equipos de acústica experimental, los destinados a visualizar el sonido, formaron parte de los gabinetes de los institutos. Así, en el Instituto de San Isidro encontramos el *vibróscopo de Duhamel* (Ganot, 1887, 534), que permite registrar en una superficie ennegrecida con humo las vibraciones de un sonido simple, normalmente las producidas por un diapason (véase la fig. 30); el mencionado *fonoautógrafo de Scott* (Ganot, 1887, 535-536), empleado para analizar sonidos más complejos, que registraba las ondas en un cilindro, en vidrio ahumado o papel. Se consideraba un antecedente del fonógrafo de Edison. El *analizador de sonidos de Koenig*, que permitía ver en un espejo vibratorio el parpadeo de una llama en función del sonido que se emitía, debido a que dicho sonido era amplificado en resonadores cilíndricos destinados a aislar frecuencias concretas. Este aparato se empleaba para descomponer sonidos, incluida la voz humana (Ganot, 1887, 570). Hankins y Silverman afirman que los “dispositivos registradores en fisiología, así como en acústica, fueron habitualmente contemplados como mediadores del reciente descubrimiento de un lenguaje científico” (Hankins y Silverman, 1999, 138).

Dos consecuencias más del uso de estos aparatos (los relacionados con la fisiología) fueron, por un lado, su contribución a un cambio metodológico en el estudio del cuerpo, iniciado con el uso del estetoscopio (a partir del diseño de René Laënnec) y, por el otro, la aportación que significaba el uso de los materiales y prácticas a la difusión del paradigma de la psicología experimental. En el primer caso, estos dispositivos permitían la visualización del interior del cuerpo mediante signos clasificables y registros comparables, un mundo accesible hasta ese momento solo mediante experiencias subjetivas y síntomas. Este cambio culminó con el uso de los rayos X, que proporcionaba una experiencia visual directa.

Finalmente, sobre el grado de extensión de las prácticas docentes asociadas a las rutinas de la psicología experimental, no existen evidencias concluyentes. Algunos datos apuntan a que los procedimientos descritos estaban presentes en un reducido número de centros. La afirmación de José Gaos en la oposición de Antonio Bernárdez, vista anteriormente, es un indicio de la falta de consenso sobre la orientación de las enseñanzas de Filosofía. Esta conjetura se confirma por la escasez de piezas conservadas o de referencias

39 Recordemos que André lo empleó con este cometido en sus investigaciones.

en las memorias correspondientes a esos cursos en los centros que contaron con una colección histórica. En lugares emblemáticos, además, como el Instituto de San Isidro, si bien contaron con una cátedra de Psicología, no se efectuaron compras de instrumental dedicado a mediciones o a material docente. Por tanto, según las referencias materiales y documentales disponibles, debieron existir enseñanzas de psicología experimental acompañadas de demostraciones en los institutos de Orense, Bilbao, Alicante⁴⁰, Cardenal Cisneros, Toledo y Zaragoza.

40 El profesor de Psicología José Verdes Montenegro realizó una propuesta al claustro del Instituto de Alicante, que fue aceptada, relativa a la creación de un Laboratorio de Psicología Experimental (con fecha 11 de octubre de 1905), información que consta en el expediente de solicitud de una ayuda a la JAE para “trabajar en Madrid, cerca del catedrático D. Luis Simarro y en el Laboratorio de la Facultad de Ciencias respecto a ‘Los tiempos de reacción refleja y voluntaria’ [...] (Solicitud de 10 de agosto de 1907, JAE 148/178).

CONCLUSIONES

La coincidencia de las palabras de Cossío y de Cajal sobre la relativa importancia que tenía la falta de material para llevar a cabo las tareas docentes o de investigación, las primeras pronunciadas en la conferencia impartida en El Sitio de Bilbao en 1906 y las segundas publicadas en la edición de 1923 de *Los tónicos de la voluntad*, son un claro síntoma de un cambio de orientación en la perspectiva dominante en la forma de presentar la ciencia. Cuando el director del Museo Pedagógico decía que ingenuamente se reclamaba material, pensando que con ello se transformaba la enseñanza, estaba distanciándose de una imagen tecnicista¹ de la pedagogía, en la que las decisiones, tareas y responsabilidades relativas a la transmisión de determinados contenidos se trasladaban a la mera reproducción de las rutinas establecidas por un mecanismo.

En este trabajo se ha defendido que la mentalidad denunciada derivaba en una parte significativa de la interpretación que de las orientaciones experimentalistas del periodo ilustrado se había hecho en la construcción de las políticas educativas nacionales a lo largo de la segunda mitad de la centuria decimonónica.

En el siglo XIX, en particular en el periodo que aquí se estudia, experimental era equivalente a antiaristotélico y también a educación centralizada, homogénea, pública y moderna. Pero las aportaciones y colaboración de esta empresa estatal con la industria de material científico confirieron una dirección determinada a la enseñanza, revelada en particular en algunas áreas examinadas en este trabajo. En este marco, se huía de las complejidades teóricas y verbales, así que “experimental” se identificó con la disponibilidad de artefactos para ofrecer una prueba ocular de un resultado previsible y prefabricado, perdiendo así la condición exploratoria que tenía en el pasado y también su asociación con las acciones de verificación o falsación de hipótesis. Los profesores para justificar la petición de material empleaban la expresión “para hacer ostensible”, que significaba hacer visible una propiedad o principio para que se apreciara con facilidad. Así, el fenómeno que mostraba la máquina, que era gracias a los fabricantes similar al modelo original, era la demostración de la verosimilitud de la explicación ofrecida y de la perma-

¹ El término que José Estalella usaba, añadiendo otros matices, en un artículo publicado en la *Revista de Segunda Enseñanza* en el número de abril de 1925.

nencia de la verdad descubierta en el pasado. La ventaja es que, con objetos estandarizados, los fenómenos y las pruebas se representaban de la misma forma en diferentes lugares, con lo que se conseguía transmitir con eficacia la impresión de universalidad de los conocimientos, que obedecían a los mismos principios sin depender de distancias geográficas ni de fronteras.

Era una pedagogía basada en los efectos, en el esfuerzo por ilustrar conocimientos consolidados, más ocupada en la impresión perdurable que en el análisis. Por eso, un profesor de instituto, José Cabello Roig señalaba en 1881 que se había enseñado “cómo las leyes del movimiento uniformemente acelerado se comprueban por medio de la máquina de Atwood, pero no cómo de la observación de la caída de los cuerpos se ha llegado a establecer una ley”. Una pedagogía adaptada por lo demás a las demandas programáticas, temporales y de reproducción memorística de los contenidos, según las pruebas de evaluación previstas a final de curso.

La expansión de la cultura del objeto científico tuvo otros efectos. Tal y como advirtieron las autoridades, los materiales estandarizados eran productos idóneos para plantear determinados proyectos colectivos vinculados a la política científica y técnica. Los centros de secundaria adquirieron entonces una dimensión significativa no solo en el ámbito local sino en el estatal. Los datos que se aportan en el trabajo sobre el número de observatorios meteorológicos activos, sus periodos de vigencia y especialmente la dependencia para su adecuado funcionamiento de las dotaciones instrumentales revela el alcance de estos planes gubernamentales. En una categoría similar se han situado los programas dedicados a la reunión de datos antropométricos, resultado del ideario médico-higienista y de los propósitos del positivismo social.

En la segunda fase de la Restauración, el momento en el que se está construyendo, según la expresión de Thomas Glick, un discurso civil favorable a un estudio científico exento de los efectos distorsionadores de la polarización ideológica, coinciden tres acontecimientos destacados: una crisis en la provisión material de los gabinetes (que eran dependencias caras y de dudosa eficacia), la emergencia del debate sobre la finalidad de los objetos científicos en los centros y la extensión del movimiento de la instrucción visual. No hay pruebas concluyentes sobre una posible correlación entre estos fenómenos, salvo una provisión ministerial de 1901 que señalaba los gabinetes que debería tener cada centro y donde se añadía que la insuficiencia en las colecciones de material científico podía sustituirse por unas adecuadas láminas científicas. Parece claro que con un coste menor y teniendo en cuenta la finalidad

que habían tenido los aparatos en las décadas anteriores, dedicados a la experiencia visual, estos podían suplantarse con analogías gráficas y proyecciones de una linterna óptica, que en muchos casos podían incluso ser más instructivas que los objetos porque añadían explicaciones relativas a relaciones, comparaciones y principios de los fenómenos contemplados.

No fue la anterior la única razón para promover la instrucción visual. En las primeras décadas del siglo XX, momento en el que según la enseñanza integral el estudiante debía asumir en el aula una actitud constructiva y activa, las imágenes proyectadas ofrecían una impresión de realidad, un contacto directo con la naturaleza que el exceso de artificiosidad de los aparatos había desvirtuado.

En cuanto a los debates que aspiraban a un replanteamiento del lugar del objeto en la educación, promovidos en España en particular por la labor institucional del Museo Pedagógico Nacional a partir de 1880, en esta obra se ha defendido que las nuevas ideas procedían de la coincidencia de tres prácticas distintas. Primero, la influencia de la ciencia recreativa; segundo, la atención preeminente a los procedimientos de descubrimiento e investigación, y tercero, la influencia del movimiento manualista o de artes y oficios. ¿Qué se pretendía con esta manera de plantear la educación científica? En las orientaciones de épocas precedentes se había insistido excesivamente en los contenidos, en los resultados finales y en los efectos. La nueva pedagogía se centra en los procesos, en el cómo. Los estudiantes comprenden la ciencia si son capaces de reproducir no las consecuencias finales, sino los diferentes pasos que conducen a la resolución de un problema. Junto a esta parcela, la dimensión recreativa obedece a la pretensión de situar al estudiante en momentos en los que se han eliminado los intermediarios entre los sujetos y la naturaleza, en los que las tareas de búsqueda de soluciones se convierten en un juego inocente y familiar. Además, la manera de combatir la tentación verbalista era fomentando la práctica manual, mostrando así el propósito profesional de las enseñanzas, más que meramente administrativo o burocrático.

Tomás Escriche es una figura central en las cuestiones que se analizan porque representa a la parte del colectivo de docentes que cuestiona los procedimientos educativos, e indirectamente el sistema político-industrial y, además, interviene en los mismos proponiendo recursos que significan una aportación a una nueva idea: la del instrumento propiamente pedagógico. Este debía tener sus propias leyes y condiciones, y no ser una mera reproducción seriada de las creaciones de los científicos. Imitando los materiales que

emplearon quienes realizaron descubrimientos en el pasado no se aprendía ciencia. En la nueva pedagogía no se quería hacer historia, sino epistemología. Para ello habla sobre la importancia que tiene emplear instrumentos sencillos, baratos, accesibles y fáciles de manejar, así como de incorporar las recreaciones propias de la física sin aparatos. Pero estas propuestas parecían más viables en los niveles elementales, con programas más flexibles, que en los medios o superiores. Cada catedrático en los institutos aplicaba de forma autónoma su propio sistema.

Así pues, en el periodo estudiado se extienden tres significados de los objetos científicos vinculados a las prácticas educativas. En el primero, el demostrativo-fenoménico, se entiende que el funcionamiento adecuado del mecanismo ofrece una prueba ocular de un principio incuestionable. En el segundo, el pedagogo-analítico, el objeto -un modelo sencillo y accesible- debe servir para comprender los principios básicos de los fenómenos. En el tercero, el constructivista, el objeto debe contribuir a la asimilación de habilidades experimentales y heurísticas del estudiante y, por tanto, no deben consistir en entidades prefabricadas, sino en materiales simples sometidos a los procesos de reconstrucción previstos en los ejercicios del aula-taller.

Los efectos del segundo y tercer significado de los objetos científicos suponían una amenaza para la industria, porque en este caso las innovaciones no procedían de las divisiones dedicadas a la investigación pertenecientes a los centros de producción, las que podían programarse, sino de los consumidores. Pero estas consistían en algunos casos en la negación del objeto prefabricado. Se hablaba incluso de la viabilidad pedagógica de una ciencia sin aparatos, como ya se ha señalado. Ante estos desafíos, la reacción de los fabricantes destinada a mantener la posición hegemónica en la red institucional y comercial que se había estado construyendo a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX fue diversa, desde la producción de equipos desmontables y con piezas simples e intercambiables a sets temáticos para la realización de experiencias sencillas y dispositivos en papel y cartón recortables. Un signo del giro en los estándares productivos es la frase del catálogo de Leybold “Nos hemos esforzado en realizar aparatos de construcción simple”, que coincide literalmente con las afirmaciones de los profesores. La industria se había entregado ahora a mecanizar la creatividad.

La industria del material científico, junto con sus conexiones institucionales, se mantuvo e, incluso, se expandió. En los años 1920 y 1930 los tiempos de los talleres artesanales estaban lejos y la producción era un negocio global,

que había perdido los referentes de los fundadores personales y que obedecía ahora a la lógica del mercado y de la competitividad. En España durante esta etapa se observa la consolidación de diferentes firmas dedicadas a la distribución y a una limitada producción propia, así como a la atención específica al sector de la pedagogía, que ya contaba como efecto de las demandas educativas con una entidad propia.

Para comprender la construcción del significado del objeto científico en las aulas se han considerado en este estudio tres elementos interrelacionados: las políticas educativas, proporcionando recursos materiales y formales, y estableciendo programas estatales de difusión y obtención de información; la industria, facilitando modelos y patrones de transmisión del conocimiento científico, y la acción educativa. El alcance de este último factor en la trama política e industrial se ha puesto de manifiesto al contemplar la categoría de la apropiación/transformación intelectual y práctica del material vinculada directamente a los contextos de uso y trabajo de los recursos materiales y a las operaciones de aprehensión tácita y explícita de la instrumentación. Así pues, a la mera circulación de materiales y modelos se ha añadido un componente dinamizador más —el humano—, que interviene en la transformación de los objetos y no se limita a ser un receptor pasivo.

Pero igualmente se ha insistido en que el efecto del uso de los artefactos no se reduce a la reproducción más o menos fiel de determinados contenidos o a la asimilación de rutinas dedicadas a la obtención de registros de nuestro cuerpo o del tiempo. Cuando se ubican en el marco social y cultural en el que se difunden comprende igualmente la transmisión de valores y significados que tienen que ver con determinados propósitos colectivos, como la consolidación de la ciencia aplicada (en la agricultura, la industria y la medicina), el fortalecimiento de la sociedad para hacerla más competitiva (mediante las mediciones corporales) o la distinción de capacidades en nuestra mente. Todo ello se manifiesta cuando se presta atención al currículum oculto asociado con la adquisición, manipulación y ordenación de las colecciones de objetos científicos presentes en los centros de enseñanza.

BIBLIOGRAFÍA

FUENTES PRIMARIAS

MANUSCRITAS

ARCHIVO GENERAL DE LA ADMINISTRACIÓN

Francisco de Arce y Nuñez, “Descripción del nuevo Aparato geográfico-astronómico, denominado Cosmóscopo”, Madrid, 6 de julio de 1873, AGA, 6904, 32/26.

Mariano Santisteban, solicitud dirigida al Director de Instrucción Pública, 28 de mayo de 1867, AGA, Expediente de Mariano Santisteban de la Fuente (05)017.00/32-08527-00002)

ARCHIVO INSTITUTO JORGE MANRIQUE (AIJM)

Carta del Director a los Breton. 18 de febrero 1861. Palencia. AIJM. Caja 450. Instrumentos científicos. Archivo del Instituto Jorge Manrique (consultado en línea)

ARCHIVO DE LA JUNTA PARA LA AMPLIACIÓN DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (1907-1939)

Expediente José Verdes Montenegro. Solicitud de 10 de agosto de 1907, JAE 148/178.

ARCHIVO MUNICIPAL DE LORCA (AML)

Fondo Cánovas Coveño.

IMPRESAS

AGUILERA y BECERRIL, Francisco, conde de Villalobos (1866): “Breve indicación de las máquinas, aparatos gimnásticos y médico-gimnásgrafos inventados por el conde de Villalobos”, *Revista de Sanidad Militar y General de Ciencias Médicas*, 25 de enero de 1866, N° 50, 33-38.

ÁLVAREZ, M. (1924): *Catálogo C. Material para laboratorios. Material de enseñanza. Microscopia*, Madrid.

El Áncora, 27 agosto 1852.

ANDRÉ, Eloy Luis (1931): *Psicología experimental*, Madrid.

- ARAMBURO, VIUDA DE (1899): *Catálogo de Campanillas eléctricas, teléfonos, telégrafos, pararrayos y tubos acústicos*, Madrid, 1899, disponible en línea: https://issuu.com/mnactec/docs/a_621.39.002.5_083.82_cat
- ARMSTRONG, Henry E. (1925): *The Teaching of Scientific Method and other Papers on Education*. Londres, Macmillan and Co.
- ARAUJO, F. (1903): “Las enseñanzas prácticas”, *La Segunda Enseñanza*, 40, 242-243.
- BAILLY-BAILLIERE (1879): *Anuario-almanaque del comercio, de la industria, de la magistratura y de la administración*, Madrid.
- BAKER, Henry (1742): *The Microscope Made Easy*, Londres.
- BIRCH, T, ed. (1965): *Robert Boyle, The Works*, Hildesheim, George Olms Verlagbuchhandlung.
- Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*.
- Boletín de medicina, cirugía y farmacia*, 1847, 79, 225-226.
- Boletín Oficial de Instrucción Pública*, 15 de octubre de 1846, tomo IX, segunda serie, año 6º, nº 19, 545-557.
- Boletín Oficial del Ministerio de Comercio, Instrucción y Obras Públicas*, Madrid, 1848, I, Suplemento, 45-46.
- Boletín Oficial del Ministerio de Comercio, Instrucción y Obras Públicas*, 1848, T. IV, 60-83, 70.
- BOLTSHAUSER, G. A. (1866): “Riflessioni sull’ordinamento dei Gabinetti di Fisica delle Scuole Secondarie”. *Rivista contemporanea nazionale Italiana*, XLV, 272–285 (en Brenni, 2010, 201-202).
- BUISSON, Ferdinand, ed. (1911): *Nouveau dictionnaire de pédagogie*, París (versión en línea: <http://www.inrp.fr/edition-electronique/lodel/dictionnaire-ferdinand-buisson>).
- BUYSE, Omer (1909): *Méthodes Américaines d’Education Générale & Technique*, París, 2ª edición.
- CABELLO ROIG, José (1881): “Del método de las ciencias físicas”, *El Ateneo: órgano del Ateneo Científico, Literario y Artístico de Vitoria*, Vitoria, t. 7, 18, 309-317.
- CAMBRIDGE SCIENTIFIC INSTRUMENT COMPANY (1887): *A Descriptive list of Anthropometric Apparatus, consisting of Instruments for Measuring and testing the chief Physical Characteristics of the Human Body*, Cambridge.
- CARDERERA, Mariano (1855): *Diccionario de educación y métodos de enseñanza*, Madrid.
- CARDERERA, MARIANO (1863): *La Pedagogía en la Exposición Universal de Londres de 1862*, Madrid.
- CASTRO, Fernando de (1868): “Discurso de apertura del curso de la Universidad

- Central”, leído el 1º de noviembre de 1868, Madrid, Imprenta de José M. Ducazcal.
- CASTRO y SERRANO, José de (1867): *España en París. Revista de la Exposición Universal de 1867*, Madrid, “Catálogo razonado de los premios obtenidos por España”.
- Catálogo de los productos de la industria española, por el orden que han llegado, para la exposición pública de este año de 1841*, Madrid, 1841.
- Catálogo de la Exposición Industrial y Artística de productos del Principado de Cataluña*, Barcelona, 1860, Sección VI.
- Catálogo Cultura Material Pedagógico* (1932), Madrid.
- Catalogue des instruments de précision*, Électricité, París, 1900.
- El Clamor público*, 8 de febrero de 1854.
- Colección de órdenes generales y especiales relativas a los diferentes ramos de la Instrucción Pública secundaria y superior*, Madrid, 1847, vol. 1.
- COMISIÓN EJECUTIVA DE LA COMISIÓN GENERAL ESPAÑOLA DE LA EXPOSICIÓN UNIVERSAL DE PARÍS DE 1900 (1900): *Catálogo de los expositores de España*, Madrid.
- La Correspondencia de España*, 7 de enero de 1863, n.º 1.631
- Cossío, M. Bartolomé (1885): “La enseñanza del arte”, *BILE*, IX, 348-352.
- Cossío, M. Bartolomé (1887): “Sobre la educación estética”, *BILE*, XI, 321-322.
- Cossío, M. Bartolomé (1897): “Los problemas contemporáneos en la ciencia de la educación”, *BILE*, XXI, 33-36 y 70-77.
- Cossío, M. Bartolomé (1899): “La enseñanza primaria en España”, *BILE*, XXIII, 467, 36-42.
- Cossío, M. B. (1985): *Una antología pedagógica*, ed. de Jaume Carbonell Sebarroja, Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia.
- Cossío, M. B. (2007): “El maestro, la escuela y el material de enseñanza”, en *BILE*, VIII, 1884, 313-317.
- Cossío, M. B. (2007): “Los problemas contemporáneos en la ciencia de la educación” (orig. en *BILE*, XXI, 1897, 33-36, 70-77).
- Cossío, M. B. (2007): *El maestro, la escuela y el material de enseñanza y otros escritos*, ed. de Eugenio Otero, Madrid, Biblioteca Nueva.
- Crónica*, 2 septiembre 1934.
- DELEUIL (1863): *Catalogue des Instruments de Physique, de Chemie, d’Optique et de Mathématiques*, París
- DEPRETZ, M. (1844): *Tratado completo de Física*, Madrid, 2 vols.
- DEWEY, John (2010): *Experiencia y educación*, ed. de Javier Sáenz Obregón, Madrid, Biblioteca Nueva.

- Diario oficial de avisos de Madrid*, 23 noviembre 1849.
- DÍAZ RECARTE, Santiago (1934): *La construcción de un gabinete de física en la escuela*, Bilbao, Caja de Ahorros Municipal de Bilbao.
- DIDEROT, D. ([1754]1997): *De la interpretación de la naturaleza*, ed M. Jalón y J. M. Ballorca, Barcelona, Anthropos.
- La Discusión*, Madrid, 3 junio 1881.
- DUCRETET, E. (1870): *Catalogue des Instruments de précision*, París.
- DUCRETET, E. (1900): *Electricité*, París, 1900, 3ª Parte.
- DUCRETET, E. y LEJEUNE, L. (1893): *Catalogue des instruments de précision: Physique générale*. París.
- El Eco del comercio*, 15 octubre 1845.
- ELÍAS de MOLINS, Antonio (1889): *Diccionario biográfico de escritores y artistas catalanes del siglo XIX*, Barcelona.
- La Época*, 5 marzo 1882.
- ESCRICHE, Tomás (1883): “Catalogo explicado e ilustrado de los instrumentos de Física y Cosmografía”, Guadalajara, 1883.
- ESCRICHE, Tomás (1888): “La Física y su enseñanza. I.”, *Crónica científica*, XI, 258, pp. 321-325.
- ESCRICHE, Tomás (1899): *Elementos de Física y nociones de Química*. Barcelona, Imprenta de Pedro Ortega.
- ESCRICHE, Tomás (1934): *Elementos de Física y nociones de Química*. Barcelona, 11ª ed.
- La España*, 20 enero 1849.
- ESPINA y CAPO, Antonio (1900): “D. Bernardo Rodríguez Largo”, *La Ilustración Española y Americana*, 48, 30 de diciembre de 1900.
- ESTALELLA, José (1918): *Ciencia recreativa. Enigmas y problemas, observaciones y experimentos, trabajos de habilidad y paciencia*, Barcelona, Gustavo Gili.
- ESTALELLA, José (1926): “Un gabinete escolar”, *Revista de Segunda Enseñanza*, 22, 164-166.
- ESTEVA MARATA, J. (1914): *Catálogo general ilustrado de material instructivo moderno...*, Barcelona.
- EXPOSICIÓN ARAGONESA DE 1868. *Catálogo de los expositores premiados*, Zaragoza, s/a.
- EXPOSICIÓN UNIVERSAL DE BARCELONA, 1888. *Catálogo Oficial Especial de España*, Barcelona, 1888, “Barcelona”.
- EXPOSITION UNIVERSELLE A VIENNE, 1873. *Catalogue Général de la Section Espagnole publié par le Commissariat D’Espagne*, Viena, 1873.

- FELIÚ Y PÉREZ, Bartolomé (1883, 5ª): *Curso elemental de física experimental y aplicada*, Barcelona.
- Gaceta de Instrucción Pública*, Madrid, 18 marzo 1904.
- Gaceta de Madrid*, 1 diciembre 1852.
- Gaceta de Madrid*, 8 marzo 1860.
- Gaceta de Madrid*, 9 enero 1901.
- Gaceta de Madrid*, 11 agosto 1906.
- Gaceta de Madrid*, 8 septiembre 1908.
- Gaceta de Madrid*, 18 marzo 1911.
- Gaceta de Madrid*, 11 julio 1913.
- Gaceta de Madrid*, 23 agosto 1916.
- GANOT, A (1862): *Tratado elemental de física*, Madrid.
- GANOT, A. (1887): *Traité élémentaire de physique*, París.
- GANOT, A (1909): *Tratado elemental de física*, Madrid.
- GIL DE ZÁRATE, Antonio (1855): *De la Instrucción Pública en España*, Madrid, 3 vols.
- GIL MUÑIZ, A. (1929): “Los reformadores de nuestra Instrucción. Don Antonio Gil de Zárate”, *Revista de Pedagogía*, 96 (1929), 551-559.
- GIRALT LAPORTA, s/a [1917]: *Catálogo de aparatos y utensilios de química para laboratorios científicos e industriales*, nº 14, Barcelona-Madrid.
- GONZÁLEZ DE SOTO, Julián (1850): “Discurso en que se prueba que la educación para ser completa y útil al individuo, á la familia á la nación y á la sociedad, debe ser eminentemente real, positiva y práctica en todos sus ramos” (leído el 28 de junio de 1850 en el Colegio Politécnico, Madrid).
- GOULD, S. (1987): *La falsa medida del hombre*, Barcelona, Orbis.
- GRASELLI y ZAMBRA (1860): *Catálogo y precios de los instrumentos de óptica, física, matemáticas, geodesia, mineralogía, astronomía, agrimensura, etc.*, Madrid.
- GRATACÓS i MASANELLA, Jaume; Maria GRATACÓS i PRAT y Joaquim GRATACÓS i PRAT (2004): “Joaquim Hysern i Molleras (Banyoles, 1804 – Madrid, 1883). Metge i cirugià Il.lustre, catedràtic, científic i humanista del segle XIX”, *Gimbernat*, 42, 313-318.
- GRIFFIN, JOHN J. & SONS (1873): *Manufacturers of Chemical and Philosophical Instruments*, Londres, 1873.
- Heraldo de Madrid*, 24 enero 1900.
- Historia de la educación en España: textos y documentos* (1985 y 1989), *De las Cortes de Cádiz a la Revolución de 1868*, Madrid, Ministerio de Educación, II; *De la Restauración a la II República*, III.

- La Ilustración Española y Americana*, 15 julio 1883.
- El Imparcial*, 24 enero 1879, 4185.
- INSTITUTO DE PALENCIA. *Memoria del curso 1865-1866*.
- INSTITUTO PROVINCIAL DE MURCIA: *Memoria del curso académico 1893-1894*.
- INSTITUTO PROVINCIAL DE SEGUNDA ENSEÑANZA DE PAMPLONA: *Memoria del curso 1896-1897*, Pamplona, 1897.
- INSTITUTO DE SAN ISIDRO: *Resumen acerca del estado del Instituto de San Isidro de Madrid en el curso de 1886 a 1887*, Madrid, 1887.
- JUNTA PARA LA AMPLIACIÓN DE ESTUDIOS (1920): *Memoria correspondiente a los años 1918-1919*, Madrid.
- JAE (1925): *Memoria correspondiente a los años 1922-23 y 1923-24*, Madrid.
- JAE (1927): *Memoria correspondiente a los años 1924-25 y 1925-1926*, Madrid.
- JAE (1929): *Memoria correspondiente a los años 1926-1927 y 1927-1928*, Madrid.
- KERR, Richard (1909): *Nature through microscope and camera*, Londres.
- KHOL, Max (s/a [c. 1926]): *Appareils de Physique*, Catalogue N° 50, T. IV.
- LEAL QUIROGA, Teodosio (1907): “Las principales escuelas pedagógicas”, *Vida intelectual*, vol. 5, mayo, 194-213.
- LEREBOURS ET SECRETAN (1853): *Instruments d’optique, de physique, de chimie, de mathematiques, de astronomie et de marine*, París.
- Ley de Pesas y Medidas de 19 de Julio de 1849*, “Reglamento para su ejecución y disposiciones oficiales de carácter general, referentes al planteamiento del sistema métrico-decimal”, Madrid, 1868.
- LEYBOLD’S NACHFOLGER, E. ([1905]): *Catalogue des Appareils pour L’ Enseignement de la Physique*, Colonia, s/f.
- LEYBOLD’S NACHFOLGER, E. (c. 1927): *Equipment and Apparatus for Lectures on Physical Science*, Colonia, s/f.
- LEYBOLD’S NACHFOLGER, E. (1939): *Aparatos de Física*, Colonia-Bayental.
- La Libertad*, 6 octubre 1929.
- LLLORET y de YEPES, José (1903): “Planetario Lloret. Instrucciones para el uso de dicho aparato y para su aplicación al estudio de dicha ciencia”, Madrid.
- LOZANO, E. (1909): “La enseñanza elemental de la física y la química en Inglaterra”, JAE, Anales, t.1, Memoria 7ª, 1909.
- LOZANO, E. (1912a): “Pedagogía de las ciencias físico-químicas”, *BILE*, XXXVI, 631, 289-293.
- LOZANO, E. (1912b): “El laboratorio y el gabinete de física de la escuela”, *BILE*, XXXVI, 632, 321-

- LUZURIAGA, LORENZO (1928), “Sesenta años de instrucción pública (1868-1928)”, *Revista de Pedagogía*, 79 (1928): 326-328; 80 (1928): 373-376.
- LUTZ, Édouard (1890): *Instruments d’optique. Appliqués aux recherches scientifiques, médicaux et industrielles et à l’enseignement*, París.
- LUXÁN, FRANCISCO DE (1861): “Instrucciones para montar los observatorios meteorológicos mandados crear por Real Decreto de 5 de marzo de 1860”, en: Hernández Pina, Fuensanta (1983). *El primer centro oficial de segunda enseñanza en Murcia*, Murcia, Universidad de Murcia, apéndice documental, Apéndice 8, 116-122.
- LUZURIAGA, L. (1928): “Sesenta años de instrucción pública (1868-1928)”, *Revista de Pedagogía*, 79 (1928): 326-328; 80 (1928): 373-376.
- Madrid Científico*, 1904, nº 468.
- MAMERTO DE HERAS, MANUEL (1869): Discurso de apertura del curso 1868-69, *Memoria del Instituto Provincial de Segunda Enseñanza*, Guadalajara.
- MAROTO, ANDRÉS L. y CATALÁN, MIGUEL (1931): *Exposición de la enseñanza cíclica de la Física y la Química*, Madrid, JAE.
- MATHIEU, L. (1864): *Catalogue des instruments de chirurgie*, París; Insts de chirugie/L. Mathieu/2 r et carrefour de l’Odeon, París.
- MELCÓN, JULIA (1992): *La formación del profesorado en España (1837-1914)*, Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia.
- Memoria del Instituto Cardenal Cisneros*, curso 1859-1860.
- Memoria del Instituto Provincial de Segunda Enseñanza*, Murcia, 1860.
- Memoria del Instituto Provincial de Segunda Enseñanza de Murcia*, curso 1862-1863, Murcia, 1862a.
- Memoria leída en la inauguración del curso 1862-1863*, Palencia, 1862b.
- Memoria del Instituto Cardenal Cisneros*, curso 1863-1864.
- Memoria leída el 16 de setiembre de 1866 con motivo de la solemne apertura de los estudios en el Instituto de 2ª Enseñanza de Canarias*, Santa Cruz de Tenerife [s.n.], 1867.
- Memoria del Instituto Cardenal Cisneros*, curso 1868-1869.
- Memoria del curso 1883-1884*, Madrid, 1885, 11-12.
- Memoria sobre el estado del Instituto Provincial de Enseñanza Secundaria de Navarra*, Pamplona, 1895.
- Memoria correspondiente al curso de 1898 á 1899*, leída en la solemne apertura del año académico de 1899 á 1900, Badajoz, 1900, 41-42
- Memoria acerca del Instituto General y Técnico de Guadalajara*, 1907-1908, Guadalajara, 1908, 11.

- Memoria del Instituto General y Técnico de Badajoz*, 1907-1908, Badajoz, 1908.
- Memoria del Instituto General y Técnico de Logroño*, 1906-1907, Logroño, 1907.
- Memoria del Instituto General y Técnico de Badajoz*, 1908-1909, Badajoz, 1909.
- MINISTERIO DE FOMENTO DE ESPAÑA, Dando nueva organización a la Segunda Enseñanza y a las Facultades de Filosofía y Letras, Ciencias, Farmacia, Medicina, Derecho y Teología, Decreto de 25 de octubre de 1868, Colección Legislativa de España, t. C., Madrid, Imprenta del Ministerio de Gracia y Justicia, 1868.
- MINISTERIO DE FOMENTO DE LA REPÚBLICA DE ESPAÑA (1874a): Reorganizando los estudios de la Segunda Enseñanza, que son necesarios para aspirar al título de Bachiller, Decreto de 3 de junio de 1873. Tomado de *Colección legislativa de España*, tomo 110, Madrid.
- MINISTERIO DE FOMENTO DE LA REPÚBLICA DE ESPAÑA (1874b): Enseñanza superior. Reorganizando la enseñanza de las actuales, Facultades de Filosofía y Letras y de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Decreto de 2 de junio de 1873. Tomado de *Colección legislativa de España*, tomo 110, Madrid 1874, págs. 1423-1436.
- MINISTERIO DE LA GOBERNACIÓN DE ESPAÑA, Resolución aprobando el Reglamento para la ejecución del Plan de Estudios, 22 de Octubre de 1845 (Historia de la educación, II, 1985).
- MIR Y NAVARRO, Manuel (1899): *Elementos de fisiología e higiene*, Barcelona, 1899, 2ª.
- MOLTENI, J. A. (1881): *Instructions pratiques sur l'emploi des appareils de projection*, París.
- MONLAU I SALA, Josep (1872): *Nociones de fisiología e higiene, con las nociones de anatomía humana correspondientes*, Madrid, 1872, 3ª.
- MONZÓN GONZÁLEZ, Julio (1907): *Guía de la enseñanza de la física*. Salamanca.
- MORÓN y Liminiana, Luis (1868): *El estudiante de Física y nociones de Química. Contestación a las preguntas que contiene el Programa publicado en 1865 por el mismo Autor*, Granada.
- MORRISON, Henry C. (1930): *La práctica del método de enseñanza*, Madrid, La lectura, traducción de María Sánchez Arbós.
- MÜNSTERBERG, Hugo (1913): *Psychology and Industrial Efficiency*, Boston y Nueva York.
- NAIRNE Edward y BLUNT, Thomas (1783): *The description and use of Nairne's patent electrical machine: with the addition of some philosophical experiments and medical observations*, Londres.
- NOLLET, Jean Antoine (1743): *Leçons de physique expérimentale*, París.
- NYE, David (1994): *American Technological Sublime*, Cambridge (Massachusetts), MIT Press.

Official Catalogue of The Great Exhibition of the Works of Industry of All Nations, Londres, 1851.

Official Catalogue of the U.S. International Exhibition, Philadelphia, 1876, Part III.

ONTAÑÓN, José (1929): "Edmundo Lozano", BILE, LIII, 830, 175-183.

ORTEGA, A. (1859): *Catálogo y precios de los instrumentos de física, química y geodesia que se hallan en el establecimiento*, Madrid.

P., J. de la (1926): "El material de nuestras clases", *Revista de Segunda Enseñanza*, 13-14.

PEREDA, Sandalio de (1873): *Programa razonado de un curso de historia natural con nociones de fisiología é higiene*, Madrid, 6ª ed.

PÉREZ, Antonio (1911): Librería escolar de Antonio Pérez: *Catálogo Ilustrado de Material de Enseñanza, objetos de escritorio y dibujo; libros premios, obras religiosas etc.*, Madrid, Hijos de Antonio Pérez.

PÉREZ MÍNGUEZ, Luis (1897): *Nociones de fisiología e higiene*, Valladolid, 8ª.

PICAVEA, Ramón Macías (1882): *Aportes y estudios sobre la Instrucción Pública en España y sus reformas*, Madrid.

PICAVEA, Ramón Macías (1899): *El problema nacional: hechos, causas, remedios*, Madrid.

Plan de Estudios Vigente, publicado con autorización del Ministerio de Fomento, Madrid, 1880.

Plan literario de estudios y arreglo general de las Universidades del Reino, aprobado por real orden de 14 de octubre de 1824 (*Historia*, 1985, II, 68-122).

POUILLET, Claude (1841): *Elementos de física experimental y de meteorología*, Barcelona.

La Raza Latina, 15 agosto 1878.

Real Decreto del Ministerio de Fomento de 10 de agosto de 1877, *Gaceta de Madrid*, 15 agosto 1877.

Real Decreto de 17 de agosto de 1901, *Gaceta de Madrid*, 231, 19 agosto 1901, 790-795.

Real Decreto de 29 de diciembre de 1876. Base 1ª Proyecto de ley de bases para la formación de la ley de Instrucción Pública. Colección Legislativa de España, tomo 117, Madrid, 1877, 874-881.

Real Decreto de 4 de mayo de 1848, *Gaceta de Madrid*, 5 mayo 1848.

Real orden de 18 de agosto de 1824, *Gaceta de Madrid*, 2 septiembre 1824.

Real orden mandando se adquirieran instrumentos y aparatos de física y química para proveer a las universidades, firmada por Pidal y dirigida al Presidente

- de la Junta Centralizadora de los fondos de instrucción pública, Boletín Oficial de Instrucción Pública*, 15 de noviembre de 1846, tomo XI, segunda serie, año 6º, nº 21, 605-607.
- Real orden por la cual se manifiesta al señor director general de instrucción pública que S.M. ha visto con agrado el buen éxito de la comisión que llevó al extranjero para adquirir máquinas y útiles necesarios en las universidades, Boletín Oficial de Instrucción Pública*, 15 de marzo de 1847, tomo X, segunda serie, año 7º, nº 5, 130-136.
- RECARTE, M. (1860): *Catálogo de instrumentos matemáticos, efectos para delineación y otros varios que se venden en el almacén...* Madrid, mes de junio, 1860.
- Reglamento de los establecimientos de segunda enseñanza* (1859), aprobado por S. M. en 22 de mayo de 1859. Edición oficial. Madrid, Imprenta Nacional.
- Reglamento General de Instrucción Pública*, aprobado por Decreto de las Cortes el 29 de junio de 1821 (Historia, 1985, vol. II, “Sección de legislación”).
- REPIDE, Pedro de (1929), “Paginario de la Exposición. El Estado y el Estadio”. *La Libertad*, Año XI, Nº 2980.
- Resumen acerca del estado del Instituto de San Isidro de Madrid en el curso de 1886 a 1887* (1887), Madrid.
- Revista de la Exposición Pedagógica*, Museo Nacional Pedagógico, 1882, 426.
- Revista de Instrucción Pública, Literatura y Ciencias*, 22, 1 marzo 1860.
- Revista General de enseñanza y bellas artes*, 1 noviembre 1912.
- Revista Popular*, 1891, nº 14.
- RIBERA GÓMEZ, E. (1878): *Programa de las lecciones de un curso de fisiología e higiene*, Valencia, 1878.
- RICO Y SINOBAS, Manuel y SANTISTEBAN, Manuel (1869): *Manual de Física y Elementos de Química*, Madrid.
- ROSAS, Roger de (1929): “Tres escuelas en la montaña de Montjuich”, *Diario oficial de la Exposición Internacional de Barcelona*, 40, 7 de diciembre de 1929.
- ROSELL, J (1863): “Gran establecimiento de instrumentos científicos”, *Guía Comercial de Barcelona*, Barcelona, 1863, 163-164.
- ROSELL, Antonio Gregorio (1785): *Instituciones matemáticas*, Madrid.
- ROUBY, Antonio y MENOYO, Francisco de (1859): *Tablas de correspondencia recíproca entre las medidas, pesas y monedas del nuevo Sistema Métrico Decimal*, Madrid.
- RUBIO, Ricardo (1892): “El material de Botánica en el Museo Pedagógico de Madrid”, *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*, 15 de mayo de 1892, 366
- SÁINZ, Fernando (1927): “La escuela unitaria”, *Revista de Pedagogía*, Serie Escolar 8.

- SANTISTEBAN, Mariano (1865): *Programa de física y química para los alumnos de Segunda Enseñanza* del Instituto de S. Isidro de Madrid, Madrid.
- SANTISTEBAN, Mariano (1866): *Catálogo de los instrumentos de física y química que existen en los respectivos gabinetes del Instituto de San Isidro de Madrid*, Madrid.
- SANTISTEBAN, Mariano (1875): *Breve historia de los gabinetes de física y química del Instituto de San isidro*, Madrid.
- SANZ Romo, Marcelo (1897): *Manual de Gimnástica Higiénica y Juegos Escolares*, Madrid.
- SCHMIDT, A. (1926): *History of the Co. E. Leybold's Nachfolger 1850-1925*, Colonia, Paul Gelhy.
- SCHULZE, Rudolf (1912): *Experimental Psychology and Pedagogy: for Teachers, Normal Colleges and Universities*, Nueva York.
- SERRANO DE HARO, Agustín (1929): *Terminología Científica, Industrial y Artística*, Madrid, 2ª ed.
- SIERRA Y ALONSO, I. (1887): *Catálogo general ilustrado de instrumentos de ciencias de la casa fundada en 1859 por ... proveedor de S.M. Facultades de medicina, academias militares y civiles, institutos provinciales y seminarios*, Madrid.
- SOGERESA. Sucesor Ramón Llord. Catálogo General de Material Científico-Pedagógico, 1950-51,
Special Loan Collection of Scientific Apparatus at South Kensington, 1876, South Kensington Museum, Londres, 1877.
- SPENCER, Herbert (1983): *Ensayos sobre Pedagogía*. Madrid, Akal.
- Tablas de correspondencia recíproca entre las medidas, pesas y monedas del nuevo Sistema Métrico Decimal*, Madrid, 1859.
- El Tajo*, 20 enero 1867.
- El telegrafista español. Revista general de electricidad*, 23 febrero 1893, nº 166.
- TISSANDIER, Gaston (1882): *Recreaciones científicas*, Madrid.
- UNAMUNO, Miguel de ([1908] 2012): *Recuerdos de niñez y de mocedad*, Madrid, Alianza.
- UNIVERSIDAD CENTRAL, *Anuario de la Universidad Central, para el curso de 1856 a 1857*, Madrid.
- VALLADARES, B. (1900): *Tratado de física elemental*, Bilbao.
- VERDES MONTENEGRO, José (1920): *Apuntes de psicología científica*, Madrid.
- VICUÑA, Gumersindo (1875): “Cultivo actual de las ciencias físico matemáticas en España: discurso leído en la Universidad Central en el acto de la apertura de curso academico de 1875 a 1876”, Madrid, Imprenta de José M. Ducazcal.

WRIGHT, Lewis (1895): *Optical projections: A Treatise on the Use of the Lantern in Exhibition and Scientific Demonstration*, Londres.

FUENTES SECUNDARIAS

ABBAGNANO, N. y VISALBERGHI, A. (1992; 1ª en italiano de 1967): *Historia de la pedagogía*, México, Fondo de Cultura Económica.

ABELLÁN, José Luis (1996): *Historia del pensamiento español*, Madrid, Espasa-Calpe.

AGASSI, J. (1966): "The Confusion Between Science and Technology in the Standard Philosophies of Science", *Technology and Culture*, 7, 1, pp. 348-366.

ALDECOA CALVO, José Serafín (2011): "Los inicios de la segunda enseñanza en Teruel: el Instituto Provincial en el siglo XIX (1845-1900)", Vicente y Guerrero, Guillermo (coord. y ed. lit.) (2011): *Actas del I Congreso sobre Historia de la Enseñanza Media en Aragón*, celebrado en el I.E.S. Goya de Zaragoza del 30 de marzo al 2 de abril de 2009. Zaragoza, IFC.

ALMEIDA, Antonio (2003): "La incorporación de la educación física a la enseñanza en Canarias (1845-1900): una aproximación histórica", en Jiménez Eguizábal, Alfredo et al., coords., *Etnohistoria de la escuela. XII Coloquio Nacional de Historia de la Educación*, Burgos, Universidad de Burgos y Sociedad Española de Historia de la Educación, 2003, 43-54.

ANDUAGA, Aitor (2005): "La regeneración de la astronomía y la meteorología españolas: Augusto Arcimis y el institucionismo", *Asclepio*-Vol. LVII, 109-128.

ANDUAGA, Aitor (2012): *Meteorología, ideología y sociedad en la España Contemporánea*. Madrid, CSIC.

ARAQUE, Natividad y COLMENAR, Carmen (2011): "Salud y educación. Reflexiones en torno a la Higiene en los textos de educación secundaria". *Arbor*, 187, 513-524.

AZCONA, José M. (2018): "El Instituto de Enseñanza Secundaria de Vizcaya y la renovación pedagógica, 1876-1936", Santos Martínez, Janneth, coord, *Formulación de los nuevos espacios docentes*, Madrid, Tecnos (en prensa).

AZNAR GARCÍA, José (2013): *La unificación de los pesos y medidas en España durante el siglo XIX. Los proyectos para la reforma e introducción del sistema métrico decimal*. Madrid, Centro Español de Metrología, 3 vols.

BAIRD, Davis (2004): *Thing knowledge: A Philosophy of Scientific Instruments*. Berkeley, University of California Press.

BALPE, Claudette (2002): "Expérience, démonstration et instrumentation, dans les lycées au XIXe siècle". *Bulletin de L'union des Physiciens*, 96, 1131-1145.

- BAÑÓN GARCÍA, Manuel y CANTÓ PÉREZ, Luis M. (2011): “Historia del Observatorio Meteorológico de Alicante”, *Revista digital RAM* (3ª etapa), mayo, nº 39.
- BARBERO-GONZÁLEZ, José Ignacio (2012): “El darwinismo social como clave constitutiva del campo de la actividad física educativa, recreativa y deportiva”, *Revista de Educación*, 359, septiembre-diciembre, 580-603.
- BENNION, Elisabeth (1979): *Antique Medical Instruments*. Londres: Sotheby Parke Bernet, Berkeley and Los Angeles: University of California Press;
- BENSAUDE-VINCENT, B. (2002): “La balanza: ¿Un instrumento revolucionario?”, en Bertomeu, J. R. y García Belmar, A., eds., *Abriendo las cajas negras*, Valencia, Universidad.
- BENSAUDE-VINCENT, B. y MOSINI, Valeria (2007): “Lavoisier’s and Le Chatelier’s notions of equilibrium”, Valeria Mosini, ed., *Equilibrium in Economics: Scope and Limits*, Londres, Routledge.
- BENSAUDE-VINCENT, B. y BLONDEL, C. (2008): *Science and Spectacle in the European Enlightenment*, Nueva York, Ashgate Publishing.
- BERNAL MARTÍNEZ, José María (2001): *Renovación pedagógica y enseñanza de las ciencias. Medio siglo de propuestas y experiencias escolares (1882-1936)*, Madrid, Biblioteca Nueva.
- BERNAL MARTÍNEZ, José y LÓPEZ MARTÍNEZ, José (2009): *El patrimonio científico de los IES*, Madrid, UNED.
- BERTOMEU, J. R. y GARCÍA BELMAR, A. (2000): *Communicating Chemistry: Text-books and their audiences*, Canton, Science History Publications.
- BERTOMEU, J. R.; CUENCA LORENTE, M.; GARCÍA BELMAR, A.; SIMON CASTEL, J. (2011): “Las colecciones de instrumentos científicos de los institutos de enseñanza secundaria del siglo XIX en España”, *Historia de la Educación*, 30, 167-193.
- BERTOMEU, José Ramón y SIMON, Josep (2012): “Viejos objetos y nuevas perspectivas historiográficas: la cultura material de la ciencia en las aulas del siglo XIX”, en: López-Ocón, Leoncio, Aragón, Santiago y Pedrazuela, Mario (2012): *Aulas con memoria*, Madrid, CSIC, 49-72.
- BERTUCCI, Paola (2007): “Therapeutic attractions: early applications of electricity to the art of healing”, en: H.A. Whitaker, C.U.M. Smith, S. Finger (eds.) *Brain, Mind and Medicine: Essays in Eighteenth-Century Neuroscience*, Boston, Springer.
- BLANCO, F. et al. (1996): “Eloy Luis André (1876-1935)”, Milagros Saiz y Dolores Saiz, eds., *Personajes para una historia de la psicología en España*, Madrid, Pirámide, 253-267.
- BLONDEL, Christine (1997): “Electrical instruments in 19th century France, between makers and users”. *History and Technology*, Taylor & Francis (Routledge), 13, pp.157-182.

- BLONDEL, C. y DORRIES, M., eds. (1994): *Restaging Coulomb: Usages, Controverses et replications autour de la balance de torsion*, Florencia, Olschki.
- BORRELL, Merrily (1987): "Instrumentation and the Rise of Modern Physiology", *Science and Technology Studies*, 5, 2, pp. 53-62
- BRAYE, Gerard (2014): "Louis Mathieu, coutelier chirurgical parisien d'origine belge". *Actes. Société française d'histoire de l'art dentaire*, 19.
- BRENNI, Paolo (1989): "Illustrated catalogues of scientific instrument-makers", Blondel, CH. et al., *Studies in the History of Scientific Instruments*, Londres, Rogers Turners Books Ltd.
- BRENNI, Paolo (1994): "19th Century French Scientific Instrument Makers, III: Lerebours et Secretan", *Bulletin of the Scientific Instrument Society*, 40, 3-6.
- BRENNI, Paolo (1995): "19th Century French Makers. IX: Louis Joseph Deleuil (1795-1862) and his son Jean Adrien Deleuil (1825-1894)", *Bulletin of the Scientific Instrument Society*, 47, 4-7.
- BRENNI, Paolo (2006): "Dumotiez & Pixii: The Transformation of French Philosophical Instruments", *Bulletin of the Scientific Instrument Society*, 89, 10-16.
- BRENNI, Paolo (2011): "The Evolution of Teaching Instruments and their Use Between 1800 and 1930" (en Heering y Wittje, 2011, 281-316).
- BRENNI, Paolo (2013): "From Workshop to Factory: The Evolution of the Instrument-Making Industry, 1850-1930", 584-650. En Jed Buchwald y Robert Fox, eds., *The Oxford Handbook of the History of Physics*, Oxford, Oxford University Press, 2013.
- BRENNI, Paolo (2016): "Some Considerations about the Prices of Physics Instruments in the Nineteenth Century", Alison D. Morrison-Low, Sara J. Sechner, Paolo Brenni, eds., *How Scientific Instruments Have Changed Hands*, Leiden; Boston: Brill.
- BROCK, William (1977): "Founding fathers of science education. In the attitude of the discoverer", *New Scientist*, 15 de septiembre de 1977, 678-679
- BUCCHI, Massimiano (2006): "Images of Science in the Classroom: Wall Charts and Science Education, 1850-1920" (Pauwels, 2006, 90-119).
- BUD, Robert y WARNER, Deborah Jean (1998): *Instruments of Science. An Historical Encyclopedia*, Nueva York y Londres, The Science Museum (London).
- BURKE, Peter (2005): *Visto y no visto. El uso de la imagen como documento histórico*, Barcelona, Biblioteca de Bolsillo.
- CACHO VIU, Vicente (1962): *La Institución Libre de Enseñanza. I. Orígenes y etapa universitaria (1860-1881)*, Madrid, Rialp.
- CALLÍS I FRANCO, José (2007): "Les experiències de *Ciència Recreativa*, del Dr. Josep Estalella, i aprenentatge matemàtic", *Scientia gerundensis*, 28, 89-103.

- CAPITÁN DÍAZ, Alfonso (1990 y 1994): *Historia de la educación en España*, Madrid, Dykinson, t.1 y t.2.
- CAPITÁN DÍAZ, A. (2002): *Breve historia de la educación en España*, Madrid, Alianza.
- CARRILLO, Isabel et al. (2011): *Los museos pedagógicos y la proyección cívica del patrimonio educativo*, Gijón, Trea.
- CASTRO, J. (2012): “Eloy Luis André (1910). Mi labor en Leipzig”, *Boletín Informativo de la Sociedad Española de Historia de la psicología*, nº 49, 11-16.
- CELADA, Pablo (2003): “El menaje científico del Instituto Provincial de León en la segunda mitad del siglo XIX”, en Jiménez Eguizábal, Alfredo et al., coords., *Etnohistoria de la escuela. XII Coloquio Nacional de Historia de la Educación*, Burgos, Universidad de Burgos y Sociedad Española de Historia de la Educación, 2003.
- CHÁZARO, Laura (2012): “Los instrumentos de la medicina científica”, *Ciencia*, abril-junio, 64-71.
- CLARKE, Desmond M. (1989): *Powers and Hypothesis. Cartesian Natural Philosophy under Luis XIX*, Oxford, OUP.
- CORIA, J. (COORD.) Y FERNÁNDEZ, J. J. (2010): *Del Instituto de Segunda Enseñanza al Instituto General y Técnico (Palencia, 1847-1923)*. Vol. 1. El edificio. Los profesores, Palencia, IES Jorge Manrique y Junta de Castilla y León.
- CRUZ, José Ignacio (2012): “Los institutos de segunda enseñanza en España. Datos sobre su implantación (1835-1936)”. *Educatio Siglo XXI*, 30, nº 1, pp. 233-252.
- CUBAN, Larry (1986): *Teachers and Machines: The Classroom Use of Technology Since 1920*. Nueva York, Teachers College Press.
- CUENCA-LORENTE, M.y SIMON, J. (2011): ‘The establishment and development of physics and chemistry collections in Nineteenth-Century Spanish Secondary Education (1845-1861)’, Heering, P y Wittje, R., *Learning by doing*, Stuttgart, Franz Steiner Verlag, 141-158.
- DASTON, Lorraine y GALISON, Peter (1992): “The Image of Objectivity”, *Representations*, 40, 81-128.
- DASTON, Lorraine y GALISON, Peter (2007): *Objectivity*, Cambridge, MA, MIT Press.
- DAUMAS, Maurice (1953): *Les instruments scientifiques aux XVIIe et XVIII siècles*, París, PUF.
- DEAR, Peter (1990): “Miracles, experiments, and the ordinary course of nature”, *Isis*, 81, 4, 663-683.
- DEBARTAT, S. y TEN, A. E., eds. (1993): *Mètre et système Métrique*, París, Observatorio.

- DELGADO MARTÍNEZ, M^a Ángeles et al. (2010): *El gabinete de física del Instituto de Lorca (1864-1883)*. Guía didáctica, Murcia, Consejería de Educación, Formación y Empleo.
- DEWEY, John (2010): *Experiencia y educación*, ed. de Javier Sáenz Obregón, Madrid, Biblioteca Nueva.
- DÍAZ, Federico Sanz (1985): *La segunda enseñanza oficial en el siglo XIX*, Madrid, MEC.
- DIDEROT, D. (1997): *De la interpretación de la naturaleza*, ed M. Jalón y J. M. Ballorca, Barcelona, Anthopos.
- DOMÈNECH i DOMÈNECH, Salvador (1998): *L'Institut-Escola de la Generalitat i el doctor Josep Estalella*. Barcelona, Publicacions de L'Abadia de Montserrat.
- EISENHAUER, Jennifer F. (2006): "Next slide please: The Magic, Scientific, and Corporate Discourse of Visual Projection". *Studies in Art Education*, 47, 3, 198-214.
- ESCOLANO, Agustín (1993): "Tiempo y educación. La formación del cronosistema horario en la educación elemental, 1825-1931", *Revista de Educación*, 301, 127-163.
- ESCOLANO, Agustín (2000): *Tiempos y espacios para la escuela. Ensayos históricos*, Madrid, Biblioteca Nueva.
- ESCOLANO, Agustín (2009): "Ethnohistory and Materiality of Education: in the setting of the Universal Exhibitions, en: Lawn, Martin, ed., *Modelling the Future. Exhibitions and the Materiality of Education*, Oxford, Symposium Books, 31-50.
- ESCOLANO, Agustín (2011): "La educación en las exposiciones universales", *Cuestiones Pedagógicas*, 21, 2011/2012, 149-170.
- ESTEBAN MAROTO, León (1984): *Instituto-Escuela de Valencia, 1932-1939: una experiencia de renovación educativa*. Valencia, Universidad.
- FAJARDO SPÍNOLA, F. (1995): *Historia del Instituto de Canarias*, Santa Cruz de Tenerife, Centro de la Cultura Popular Canaria y Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias.
- FERGUSON, Eugene (1977): "The Mind's Eye: Nonverbal Thought in Technology". *Science*, 197, 4306, 827-836.
- FERGUSON, Eugene (1992): *Engineering and the Mind's Eye*, Cambridge, The MIT Press.
- FERNÁNDEZ BURGUEÑO, Vicente J. (2013): "Las primeras alumnas y las primeras profesoras del Instituto de San Isidro". En González de la Lastra, L. y Fernández Burgueño, V., eds., *El Instituto de San Isidro*, Madrid, CSIC, 2013.
- FERNÁNDEZ SORIA, José Manuel (1998), "A propósito del 98: modernidad, estado y educación (España 1898-1923)", *Revista de Educación*, 317, pp. 203-227.

- FLORES VARELA, Carlos (1998): “La documentación del Instituto de Segunda Enseñanza de Toledo en el Archivo Histórico Provincial”, *Boletín de la ANABAD*, Tomo 48, Nº 2, 51-70.
- FOUCAULT, M. (1999): *Estrategias de poder*, Barcelona, Paidós, vol. II, “El nacimiento de la medicina social”.
- FOX, Robert (2012): *The Savant and the State. Science and Cultural Politics in Nineteenth-Century France*. Baltimore: The John Hopkins University Press,
- FRUTOS ESTEBAN, Francisco Javier (2005): *Los ecos de una lámpara maravillosa. La linterna mágica en su contexto mediático*. Salamanca, Universidad.
- FRUTOS ESTEBAN, Francisco J. y LÓPEZ SAN SEGUNDO, Carmen (2016): “Las fantasmasgorías de Robertson en Madrid (1821) y la historia natural del signo”, *Revista Signa*, 25, 555-572.
- GALLARDO, J. A. (2009): “José Sarmiento Lasuén (*Compendio de paidología*, 1914): Primer libro de texto español de psicología evolutiva publicado en el siglo XX”, *Revista de Historia de la Psicología*, vol. 3, nº 2-3, 99-106.
- GARCÉS MANAU, Carlos (2013): “El Observatorio Meteorológico del Instituto de Huesca y su cañón solar (1858-1936)”, *Argensola*, 123, 87-106.
- GARCÍA BELMAR, Antonio; CUENCA LORENTE, Mar y SIMON CASTEL, Josep (2011): “Las colecciones de instrumentos científicos de los institutos de enseñanza secundaria del siglo XIX en España”, *Historia de la Educación*, 30, 167-193.
- GARCÍA CASTAÑO, F. J. (1987): “Relaciones del Dr. Simarro con la Antropología pedagógica”, *Investigaciones Psicológicas*, 4, 127-154.
- GARCÍA DEL DUJO, Ángel (1985): *Museo Pedagógico Nacional. Teoría educativa y desarrollo histórico*, Salamanca, Ediciones Universidad de Salamanca.
- GARCÍA DE PEDRAZA, LORENZO y GIMÉNEZ DE LA CUADRA, José Mario (1985): *Notas para la historia de la meteorología en España*, Madrid, Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones.
- GARCÍA HOURCADE, J.L., RUBIO, J.L., VALLÉS, J.M. (1988): “El Gabinete de Física en el Instituto de Segovia en el s.XIX”, en M. Esteban (ed). *Estudios sobre Historia de la Ciencia y de la Técnica*, 7, Valladolid, Junta de Castilla-León, 519-527.
- GAVIRA MARTÍN, José (1973): “Diario de un estudiante del instituto de San Isidro (1920-1921), edición de Ramón Ezquerro, “Recuerdos del Instituto de San Isidro”, *Anales del Instituto de Estudios Madrileños*, IX, Madrid, CSIC, 521-613.
- GINER DE LOS RÍOS, Francisco (2004): *Obras selectas*, ed. de Isabel Pérez-Villanueva Tovar. Madrid, Austral.
- GLICK, Thomas F (1990): “La vida nueva: ciencia, política y republicanismo”. En: Maurer, Christopher y Ciplijauskaité, Biruté (coords.), *La voluntad del humanismo: homenaje a Juan Marichal*. Barcelona, Anthropos.

- GÓMEZ REDONDO, María José y Luis MAYO VEGA (2013): “Las láminas de dibujo del Instituto de San Isidro en las exposiciones universales y la labor docente de Mariano Borrell y Folch” (en González de la Lastra y Fernández Burgueño, eds., 2013, 43-73).
- GOMIS, A y RUIZ-BERDÚN, D. (2016): “Los modelos clásicos del Dr. Auzoux. Del aula al museo”, *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 3, 39-52.
- GONZÁLEZ DE LASTRA, L. (2011): “Instrumentos científicos antiguos en el Instituto San Isidro. Recuperación y contextualización”, *Arbor*, 187, 749, 561-571.
- GONZÁLEZ DE LASTRA, Leonor (2013): “El lenguaje tácito de la tecnología. Significado del fonógrafo tin-foil en el Instituto de San Isidro”. En González de la Lastra, Leonor y Fernández, Vicente, eds. (2013), 103-133.
- GONZÁLEZ DE LA LASTRA, Leonor y MARTÍN LATORRE, Rosa M., coords. (2000): *Instrumentos científicos para la enseñanza de la física*, Madrid, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- GONZÁLEZ DE LA LASTRA, L. y Martín Latorre, R. M^a (2000): “Nuevos patrones, pesas, metros y relojes”. En VVAA, *Instrumentos científicos para la enseñanza de la física*, Madrid, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, págs. 333-339.
- GONZÁLEZ DE LA LASTRA, Leonor y MARTÍN LATORRE, Rosa M. (2000): ‘La Universidad Central y sus instrumentos científicos. El origen y desarrollo de una colección (1837-1945)’. En VVAA, *Instrumentos científicos para la enseñanza de la física*, Madrid, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- GONZÁLEZ DE LA LASTRA, L. y GUIJARRO MORA, V. (2012): “Máquinas de enseñar. Formación e instrumentos tecnológicos en el Instituto de San Isidro (1850-1930)” (López-Ocón, L. et al., 2012).
- GONZÁLEZ DE LA LASTRA, LEONOR y FERNÁNDEZ, VICENTE, eds. (2013a): *El Instituto de San Isidro. Saber y patrimonio. Apuntes para una historia*, Madrid, CSIC.
- GONZÁLEZ DE LA LASTRA, LEONOR y GUIJARRO, VÍCTOR (2013b): “La presencia de la tecnología en la utopía pedagógica: el Instituto de San Isidro y los Institutos-Escuela promovidos por la JAE”. En González, Leonor y Fernández, Vicente, eds. *El Instituto de San Isidro. Saber y patrimonio. Apuntes para una historia*, Madrid, CSIC.
- GOULD, S. (1987): *La falsa medida del hombre*, Barcelona, Orbis.
- GRATACÓS I MASANELLA, Jaume; MARIA GRATACÓS I PRAT y JOAQUIM GRATACÓS I PRAT (2004): “Joaquim Hysern i Molleras (Banyoles, 1804 – Madrid, 1883). Metge i cirurgià Il·lustre, catedràtic, científic i humanista del segle XIX”, *Gimbernat*, 42, 313-318.

- GULJARRO, Víctor (2002). *Los instrumentos de la ciencia ilustrada. Física experimental en los Reales Estudios de San Isidro de Madrid (1770-1835)*, Madrid, UNED.
- GULJARRO, Víctor (2003): “¿Crisis del modelo lineal? Aproximación a propuestas alternativas en filosofía de la tecnología”, *Métodos de investigación y Fundamentos Filosóficos de Ingeniería de Software y Sistemas de Información*, Madrid, Universidad Rey Juan Carlos, Servicio de Publicaciones.
- GULJARRO, Víctor y SELLÉS, Manuel (2005): *La ciencia y sus instrumentos, Endoxa*, 19, Número Monográfico.
- GULJARRO, Víctor (2007): “Placer, conocimiento y utilidad. El químico y la innovación tecnológica en torno a 1800”, *Anales de la Real Sociedad Española de Química*, 4, 52-58.
- GULJARRO, Víctor (2013): “Fe, ciencia y política en el Observatorio de los Reales Estudios del Colegio Imperial de Madrid (1751-1775)” (en González de la Lastra, L. y Fernández, V., 2013).
- GULJARRO, Víctor y GONZÁLEZ DE LA LASTRA, LEONOR (2013): “La presencia de la tecnología en la utopía pedagógica: el Instituto de San Isidro y los Institutos-Escuelas promovidos por la JAE” (González de la Lastra y Fernández Burgueño, eds., 2013, 173-197).
- GULJARRO, Víctor (2014): “Modernidad y fatiga en las escuelas españolas. Los instrumentos de la psicotecnia y la cultura de la eficacia en la época de la JAE (1907-1936)”. En Leoncio López-Ocón Cabrera, ed. (2014): *Aulas modernas. Nuevas perspectivas sobre las reformas de la enseñanza secundaria en la época de la JAE (1907-1939)*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid.
- GULJARRO, Víctor (2015): “La maquinaria social y las ciencias humanas. Pensionados de la junta para la ampliación de estudios en la Europa de la razón tecnocrática”, *Asclepio*, 67 (1), enero-junio.
- GULJARRO, Víctor y González de la Lastra, Leonor (2015): *La comprensión cultural de la tecnología*, Madrid, Universitas.
- HAND, Stacy (2008): “Microphotography”, John Hannavy, ed., *Encyclopedia of the Nineteenth-Century Photography*, Nueva York, 925-929.
- HANKINS, T. L. y Silverman, R. J. (1995a): *Instruments and the Imagination*, Princeton, Princeton University Press.
- HANKINS, Thomas L y SILVERMAN, Robert J. (1995): “The Magic Lantern and the Art of Demonstration”, *Instruments and the Imagination*, Princeton, Princeton University Press.
- HEERING, Peter y WITTJE, Roland, eds. (2011): *Learning by Doing*, Stuttgart, Franz Steiner Verlag.

- HEERING, Peter (1994): "The Replication of the Torsion Balance Experiment: The Inverse Square Law and its Refutation by Early 19th-Century German Physicists" (en Blondel, C. y Dorries, M. 1994).
- HEERING, Peter (2011): "Tools for investigation, Tools for instruction: Potentials Transformations of Instruments in the Transfer from Research to Teaching", Peter Heering, Roland Wittje (eds.), *Learning by Doing*, Stuttgart, Franz Steiner Verlag, 15-30.
- HEGGIE, Vanessa (2016): "Bodies, Sport and Science in the Nineteenth Century", *Past and Present*, 231, 1, 169-200.
- HELDEN, A. van y T. L. Hankins, eds. (1994): *Instruments*, Osiris, 9.
- HENTSCHEL, Klaus (2014): *Visual cultures in Science and Technology. A Comparative History*, Oxford, Oxford University Press.
- HERSCHBACH, D. R. (1995): "Technology as Knowledge: Implications for Instruction", *Journal of Technology Education*, 7, 1, 131-42.
- HOYME, Lucile E. (1953): "Physical Anthropology and Its Instruments: An Historical Study". *Southwestern Journal of Anthropology*, 9, 408-430.
- HUME, Brad D (2000): "Anthropometry", Arne Hessenbroch, ed., *Reader's Guide to the History of Science*, Londres, Fitzroy Dearborn Publishers, 33-34.
- HUNT, F. V. (1978): *Origins in Acoustics. The Science of Sound from Antiquity to the Age of Newton*, New Haven, Yale University.
- JIMÉNEZ LANDI, Antonio (1996): *La Institución Libre de Enseñanza y su ambiente*, Madrid, Editorial Complutense.
- JOVER OLMEDA, Gonzalo et al. (2012): "La construcción histórica y el reto actual de la teoría de la educación", José Manuel Muñoz Rodríguez, coord., *Temas relevantes en teoría de la educación*, Salamanca, Ediciones de la Universidad, 69-88.
- KNIGHT, David (1988): *La Era de la ciencia*, Madrid, Península.
- KNOLL, Michael (2014): "Laboratory School, University of Chicago", en *Encyclopedia of Educational Theory and Philosophy*, ed. de D.C. Phillips. Vol. 2, Los Angeles, CA, Sage, 455-458.
- KOHLSTEDT, Sally Gregory (2010): *Teaching Children Science. Hands-on Nature Study in North America, 1890-1930*, Chicago y Londres: The Chicago University Press.
- KUHN, T. S. (2001, orig. de 1962): *La estructura de las revoluciones científicas*, México, Fondo Cultura Económica.
- LABRADOR HERRÁIZ, María del Carmen (2000): "Prensa periódica y educación: algunos temas socio-educativos en la Semana Palentina y en la revista Hogar", 383-402 (en Méndez, 2000).

- LAKOFF, George y Mark JOHNSON (2015): *Metáforas de la vida cotidiana*, Madrid, Cátedra.
- LANA CELAYA, Aránzazu; MARTÍN LATORRE, Rosa Ma.; LÓPEZ CAMPOS, Ruth (2006): “La enseñanza a través de la imagen proyectada: placas para linterna mágica en las ciencias exactas, físicas y naturales”, *Societat Catalana d’Història de la Ciència i de la Tècnica, Actes de la VIII Trobada d’Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona, 307-314.
- LATOUR, Bruno (1992): *Ciencia en acción*, Barcelona, Labor.
- LEAL PÉREZ-CHAO, Juan (2008): “IES Brianda de Mendoza”, *Comunicaciones de las 2as Jornadas sobre Patrimonio Educativo de los Institutos Históricos*, La Laguna del 1 al 3 de mayo de 2008.
- LEONARDO, António J.; MARTINS DÉCIO, R. y FIOLEAIS, Carlos (2012): “O Instituto de Coimbra e o Ensino Secundário em Portugal na Primeira República. O caso particular das Ciências Físico-Químicas”, *Revista Portuguesa de Educação*, 25(1), pp. 165-191.
- LEVERE, Trevor H. (2005), “The role of instruments in the dissemination of the chemical revolution”. En GUILJARRO, Víctor y SELLÉS, Manuel (2005): *La ciencia y sus instrumentos*, Endoxa, 19, Número Monográfico, 227-242.
- LICOPPE, Christian (1996): *La formation de la pratique Scientifique. Le discours de l’expérience en France et en Angleterre, (1630-1820)*, París, La découverte
- LÓPEZ FERNÁNDEZ, Carlos (2001): *Ciencia y enseñanza en algunas instituciones murcianas, 1850-1936*, Murcia, Universidad.
- LÓPEZ FERNÁNDEZ, Carlos y VALERA CANDELARIA, Manuel (2001): “Olayo Díaz Jiménez (1810-1885): un buen ejemplo de científico ‘intermedio’”, *Asclepio*, 53, I, 281-293.
- LÓPEZ MARTÍNEZ, José D. (1999): *La enseñanza de la Física y de la Química en la enseñanza secundaria en el primer tercio del siglo XX*, tesis leída en la Universidad de Murcia.
- LÓPEZ MARTÍNEZ, José D. (2008): “Francia en el punto de mira: el material científico para la enseñanza de la física y química en los institutos de segunda enseñanza a partir del Plan de 1845”. En: Hernández Díaz, José María, Coord. (2008): *Actas de las III conversaciones pedagógicas de Salamanca*, 15, 16, 17 y 18 de octubre de 2008. Salamanca, Globalia Ediciones Anthema, 147-160.
- LÓPEZ-OCÓN, Leoncio (2003): *Breve historia de la ciencia española*, Madrid, Alianza.
- LÓPEZ-OCÓN, Leoncio, ARAGÓN, Santiago y PEDRAZUELA, Mario, eds. (2012): *Aulas con memoria. Ciencia, educación y patrimonio en los institutos históricos de Madrid (1837-1936)*, Madrid, CEIMES, CSIC y Comunidad de Madrid.

- LÓPEZ-OCÓN, Leoncio (2014a): “1906-1910. Un lustro de mejoras en el ajuar científico de los institutos y en el material para la enseñanza de la geografía”. En: Ana M^a Badanelli Rubio, María Poveda Sanz y Carmen Rodríguez Guerrero (Coords.), *Pedagogía museística: prácticas, usos didácticos e investigación del patrimonio educativo*, Actas de las VI Jornadas Científicas de la SEPHE, Madrid, 2014, 489-497.
- LÓPEZ-OCÓN, Leoncio (2014b): “La importancia de una circular de 1906 para el equipamiento científico de los institutos”, comunicación presentada en VII Jornadas de Institutos Históricos de España, Badajoz, mayo de 2014.
- LÓPEZ-OCÓN, Leoncio, ed. (2014): *Aulas modernas. Nuevas perspectivas sobre las reformas de la enseñanza secundaria en la época de la JAE (1907-1939)*, Madrid, Universidad Carlos III de Madrid.
- LUXÁN MELÉNDEZ, José María (2016): *Una política para la ciencia en el reinado de Isabel II. La contribución de Francisco de Luxán y su relación con la Comisión del Mapa Geológico*, Madrid, Centro de Estudios Políticos y Constitucionales.
- LUZURIAGA, L. (1928): “Sesenta años de instrucción pública (1868-1928)”, *Revista de Pedagogía*, 79 (1928): 326-328; 80 (1928): 373-376.
- MACCONNELL, Anita (2013): “Instruments and Instrument Makers, 1700-1850”, Jed Z. Buchwald, Robert Fox (eds.), *The Oxford Handbook of History of Physics*, Oxford, 326-357.
- MACCULLOCH, Gary y CROOK, David, eds. (2008): *The Routledge International Encyclopedia of Education*, Londres y Nueva York, Routledge, 462.
- MACKENZIE, D. (1978): “Statistical Theory and Social Interests A Case-Study”, *Social Studies of Science*, Vol 8, 35-83.
- MADIARAGA, Benito y VALBUENA, Celia (1971): *El Instituto de Santander. Estudio y documentos*, Santander, Institución Cultural de Cantabria, Diputación Provincial de Santander.
- MAERKER, A. (2013): “Anatomizing the Trade: Designing and Marketing Anatomical Models as Medical Technologies, ca. 1700-1900”, *Technology and Culture*, 54, 3, 531-562.
- MAINER, Juan (2011): “El Instituto Provincial de Huesca entre 1845 y 1970: De la construcción de elites a la escolarización de masas”, Vicente y Guerrero, Guillermo (coord. y ed. lit.) (2011), *Actas del I Congreso sobre Historia de la Enseñanza Media en Aragón*, celebrado en el I.E.S. Goya de Zaragoza del 30 de marzo al 2 de abril de 2009. Zaragoza, IFC.
- MALAQUIAS, Isabel (2017): “Percursos de circulação e apropriação. Os instrumentos didácticos, veículos da renovação de uma educação científica moderna nos liceus portugueses”, comunicación presentada en el XIII Congreso de la So-

- ciudad Española de Historia de la Ciencia y del Técnica, Alcalá de Henares, 21 a 23 de junio de 2017 (en prensa);
- MARÍN ECED, Teresa (1988), “Influencias europeas en la formación profesional de docentes españoles durante la II República Española”, *Revista de Educación*, 285, pp. 93-110.
- MARÍN ECED, Teresa (1991): *Innovadores de la educación en España*: becarios de la Junta para la Ampliación de Estudios, Cuenca, Servicio de Publicaciones de Castilla-La Mancha.
- MARÍN ECED, Teresa (1999): *La renovación pedagógica en España (1907-1936). Los pensionados en pedagogía por la Junta para Ampliación de Estudios*, Madrid, CSIC.
- MARÍN MURCIA, José Pedro (2014): *El material científico para la enseñanza de la botánica en la Región de Murcia, 1837-1939*, tesis leída en la Universidad de Murcia.
- MARTÍNEZ ALFARO, Encarnación (2009): *Un laboratorio pedagógico de la Junta para la Ampliación de Estudios. El Instituto-Escuela. Sección Retiro de Madrid*, Madrid, Biblioteca Nueva.
- MARTÍNEZ NAVARRO, Anastasio (1983): “Anotaciones a la historia de la educación física española en el siglo XIX”, *Historia de la educación: Revista interuniversitaria*, 2, 153-164.
- MASLOW, Abraham (1966), *The Psychology of Science: A Reconnaissance*, Nueva York, Harper and Row.
- MATEOS CARRERAS, M^a José y CÓRDOBA CARO, Luis Gonzalo (2012): “La actividad deportiva en la historia de la Escuela Normal de Badajoz, 1900/1936”, *Citius, Altius, Fortius*, 5 (2), 135-152.
- MATTHEW, Michael R. (1994): *Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science*, Nueva York, Routledge.
- MAYORAL, Angel (2016): “EL Conde de Villalobos, figura señera de la Educación Física española: materiales de los Gimnasios Reales (1863-1866), máquinas y aparatos gimnásticos. (4^a)”, *ATHLOS. Revista Internacional de Ciencias Sociales de la Actividad Física, el Juego y el Deporte*, XI, V, N^o 11.
- MAYORDOMO PÉREZ, Alejandro y Lázaro Llorens, Luis Miguel, ed. (1988): *Escritos pedagógicos de la Ilustración*, Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, vol. 1.
- MELCÓN, Julia (1992): *La formación del profesorado en España (1837-1914)*, Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia.
- MÉNDEZ, Francisco, coord. (2000): *Ética y sociología: estudios en memoria del profesor José Todolí*, Madrid, Universidad Complutense de Madrid, Editorial San Esteban.

- MIRAMBELL I BELLOC, Enric (1995): "Cronica d'un segle i mig", *Miscel.lània I.B.* "Jaume Vicens Vives: 150 anys, Girona: Eix Editorial, 13-57.
- MOEGLIN, P. (2010): *Les industries éducatives*, París, PUF.
- MONTERO, Angel y Juan Antonio Devesa (2011): "El Jardín Botánico del Instituto de Segunda Enseñanza de Córdoba (1858-1909)", *Acta Botanica Malacitana*, 36, 2011.
- MONTESINOS, José; ORDOÑEZ, Javier; TOLEDO, Sergio, eds. (2002): *Ciencia y romanticismo*, La Orotava, Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia
- MONZÓN PINILLA, Carmen y Usón Jaeger, Aurelio (1997): "Propuestas didácticas innovadoras para la enseñanza de las ciencias físicas, químicas y naturales en el primer tercio del siglo XX en la escuela primaria española", *Revista Complutense de Educación*, 8, 1, 271-290.
- MORATALLA, Silvia y DÍAZ FRANCISCO (2012). "La Segunda Enseñanza en Albacete (1840-1967): El Instituto Bachiller Sabuco", *Cuadernos del Museo Pedagógico y del Niño de Castilla-La Mancha*, Nº 18 (disponible en <http://www.museodelnino.es/wp-content/uploads/2016/05/Sabuco.pdf>.)
- MORENO CASTAÑO, Begoña y NUÑEZ, Clara Eugenia (2011): "Los planes de estudio en la aparición y consolidación de la enseñanza secundaria: el Instituto Cardenal Cisneros de Madrid 1885-1938", *ARBOR. Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 187, 749, mayo-junio, 465-483
- MORENO, Pedro L. y MARÍN MURCIA, José Pedro (2014): "La casa comercial Cultura y la oferta de *material pedagógico moderno* en España (1924-1934)", Ana M^a Badanelli Rubio, María Poveda Sanz y Carmen Rodríguez Guerrero (Coords). *Pedagogía museística. Prácticas, usos didácticos e investigación del patrimonio educativo*. Actas de las VI Jornadas Científicas de la Sociedad Española para el Estudio del Patrimonio Histórico Educativo (SEPHE), Madrid, 2014.
- MORENO, Antonio (1988): *Una ciencia en cuarentena. Sobre la física en la universidad y otras instituciones académicas desde la Ilustración hasta la crisis finisecular del XIX*, Madrid CSIC.
- MORRISON-LOW, Alison D. (2007): *Making Scientific Instruments in the Industrial Revolution*, Aldershot, Hants., Ashgate.
- MORUS, Iwan R. (1995): "Manufacturing nature: science, technology and Victorian consumer culture", *British Journal of the History of Science*, 29, 403-434. Morus, Iwan (2006): "Seeing and believing science", *ISIS*, 97, 1, 593-602.
- MURO, José Ignacio; NADAL, Francesc y URTEAGA, Luis (1996): *Geografía, estadística y catastro en España, 1856-1870*, Barcelona, Ediciones del Serbal.
- NIETO-GALÁN, Agustí (2011): *Los públicos de la ciencia*, Madrid, Marcial Pons.
- ONTAÑÓN, José (1929): "Edmundo Lozano", *BILE*, LIII, 830, 175-183.

- ORANTES DE LA FUENTE, José Luis (2011): “El Gabinete de Física y Química del Instituto de Valladolid de 1860 a 1930: personajes y materiales”. Comunicación presentada en las V Jornadas de Institutos Históricos Españoles, Cabra (Córdoba), 6-8 julio 2011.
- ORTEGA, A. (1859): *Catálogo y precios de los instrumentos de física, química y geodesia que se hallan en el establecimiento*, Madrid.
- ORTIZ GARCÍA, Carmen (2003): “La antropología pedagógica en España durante el primer tercio del siglo xx”, *Revista de Dialectología y Tradiciones Populares*, RDTP, LVIII, 2, 71-92.
- OTERO URTAZA, Eugenio (1994): *Manuel Bartolomé Cossío: pensamiento pedagógico y acción educativa*, Madrid, Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia: CIDE.
- OTERO URTAZA, Eugenio (2005): “Manuel Bartolomé Cossío explica a Rousseau”, *Historia de la educación*, 24, pp. 485-501.
- PANTALONY, D. (2009): *Altered Sensations: Rudolph Koenig’s Acoustical Workshop in Nineteenth-Century Paris*, Londres, Springer.
- PAUWELS, Luc (2006): *Visual Culture of Science. Rethinking Representational Practices in Knowledge Building and Science Communication*, Hanover, Dartmouth College Press, New Hampshire.
- PÉREZ GALÁN, Mariano ([1975] 2011): *La enseñanza en la Segunda República*, Madrid, Biblioteca Nueva.
- PESET, José Luis (1988): “Educación y ciencia en el fin del Antiguo Régimen”, en SÁNCHEZ RON, Manuel, ed. (1988): *Ciencia y sociedad en España*, Madrid, CSIC, 17-25.
- PESET, Mariano y PESET, José Luis (1992), “Las universidades españolas del siglo XIX y las ciencias”. En: José M^a López Piñero, ed., *La ciencia española del siglo XIX*, Madrid, Marcial Pons.
- PITARCH, Daniel (2018): “‘Transformar la pizarra en una pantalla blanca’: linternas mágicas y fantasmagorías en los institutos españoles del siglo XIX”, *Fon-seca. Journal of Communication*, 16, 81-102.
- PHILLIPS, D. C., ed. (2014): *Encyclopedia of Educational Theory and Philosophy*, Los Ángeles, SAGE Publications.
- PICADO ALFARO, Miguel Evelio (2012): *El Sistema Métrico Decimal en libros de texto de matemáticas en España durante la segunda mitad del siglo XIX (1849-1892)*, Tesis doctoral leída en la Universidad de Granada, 68 y ss.
- PINEDO, Carmen (2006): “La educación por la mirada”, *Arena Numerosa. Colección de fotografía histórica de la Universidad de Valencia*, Valencia, Universidad, 71-92.

- POLANYI, M. (2012): *Personal Knowledge. Towards a Post-Critical Philosophy*, Chicago, University of Chicago Press.
- PONS, Jordi y PITARCH, Daniel (2017): “History of a fantascop: a device for education in nineteenth-century Girona”, *Early Popular Visual Culture*, 15:1, 83-99.
- POZO ANDRÉS, MARÍA DEL MAR DEL (1983): “La presencia de la pedagogía en las exposiciones universales del siglo XIX”, *Historia de la educación: Revista Interuniversitaria*, 2, 165-172.
- PUELLES BENÍTEZ, Manuel de (2000): “Política y educación: cien años de historia”, *Revista de Educación*, núm. extraordinario, 7-36
- PUIG SAMPER Y GALERA, A. (1983): *La antropología española del siglo XIX*, CSIC.
- PUIG-PLA, Carles (2000): “Desarrollo y difusión de la construcción de máquinas e instrumentos científicos: el caso de Barcelona (siglos XVIII y XIX)”, *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Universidad de Barcelona, Nº 69 (8).
- PYENSON, Lewis y GAUVIN, Jean-François, eds. (2002): *The Art of Teaching Physics: The Eighteenth-century Demonstration Apparatus of Jean Antoine Nollet*, Sillery, Septentrion.
- RAMIS ORFILA, Catalina y LÓPEZ PONS, Antoni (2015): “Un mural escolar sobre el Sistema Métrico Decimal”. Comunicación presentada en Jornadas Patrimonio Institutos Históricos, Mahón, 30 de abril a 3 de mayo de 2015.
- RAMÓN TELJELO, Pío-Javier (2011): *El Real Conservatorio de Artes (1824-1887): un intento de fomento e innovación industrial en la España del siglo XIX*, tesis leída en la Universidad Autónoma de Barcelona, 2011.
- RAMÓN Y CAJAL, Santiago (2006): *Recuerdos de mi vida*, ed. de J. Fernández Santarén, Barcelona, Crítica.
- RAMÓN Y CAJAL, Ramón (2016): *Los tónicos de la voluntad*, ed. de López-Ocón, Leoncio, Madrid Gadir, basada en la edición de 1923.
- RAVETZ, Jérôme R. (1996): *Scientific Knowledge and its Social Problems*, New Brunswick, Transaction Publishers.
- RAYNER-CANHAM, Geoff y MARELENE RAYNER-Canham (2015): “The Heuristic Method, Precursor of Guided Inquiry: Henry Armstrong and British Girls’ Schools, 1890–1920”, *Journal of Chemical Education*, 92 (3), 463–466.
- RODRÍGUEZ GUERRERO, Carmen (2009): *El Instituto del Cardenal Cisneros de Madrid (1845-1877)*, Madrid, CSIC.
- RODRÍGUEZ GUERRERO, Carmen (2012): “El laboratorio de psicología científica del Instituto del Cardenal Cisneros”, *Cabás*, 7 (en <http://revista.muesca.es>).
- ROGERS, Everett M. (1983, 3ª ed.): *Diffusion of innovations*, Nueva York, Free Press of Glencoe.

- ROMERO SÁNCHEZ, Gregorio (2005): “Francisco Cánovas Cobeño (1820-1904): aportaciones a la enseñanza y la investigación de la geología y la paleontología en Murcia”, *Alberca*, 3, 11-24 (disponible en línea).
- ROMERO, Ana (1998): “Dos políticas de instrumental científico: el Instituto de Material Científico y el Torres Quevedo”, *Arbor*, 160, 631-632, 359-386.
- RUIZ ALONSO, José María (2005): *La edad dorada del Instituto de Toledo (1900-1937)*, *La educación de la mesocracia provincial*, Ciudad Real, Almad.
- RUIZ BERRIO, Julio (2008): “El Plan Pidal de 1845: Los institutos públicos, dinamizadores de las capitales de provincia”, *CEE Participación Educativa*, 7, 28-38.
- RUIZ-CASTELL, Pedro (2008): “Scientific Instruments for Education in Early Twentieth-Century Spain”, *Annals of Science* 65 (4): 519-527.
- SABLONNIÈRE, Catherine (2015): «Les récréations scientifiques : diffusion et succès de l'œuvre de vulgarisation de Gaston Tissandier en Espagne à la fin du XIX^e siècle», *Amnis* [En línea], 14, Publicado el 15 julio 2015, <http://journals.openedition.org/amnis/2513>
- SAETTTLER, Paul (1990): *The Evolution of American Educational Technology*, Greenwich (Connecticut), Information Age Publishing.
- SÁEZ GÓMEZ, José Miguel et al. (2007): *La introducción de la radiología en la región de Murcia, 1896-1936*. Murcia, Editora Regional.
- SÁIZ GONZÁLEZ, J. Patricio (1995): *Propiedad industrial y revolución liberal*, Madrid, Oficina Española de Patentes y Marcas, Ministerio de Industria y Energía, 167
- SÁNCHEZ MIÑANA, Jesús (2000): “Los inventos de José Santiago Camacho (1846-1878): noticia de un electricista olvidado”, *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, vol. XI, 221-239.
- SÁNCHEZ MIÑANA, Jesús y LUSA MONFORTE, Guillermo (2009): “De músico a óptico: los orígenes de Francesc Dalmau i Faura, pionero de la luz eléctrica y el teléfono en España”, *Actes d'història de la ciència i de la tècnica*. Nova época, 2 (2), p. 87-98.
- SÁNCHEZ TALLÓN, Jesús (2011): *Los instrumentos de física en los manuales y en los gabinetes del siglo XIX en España. Estudio de caso: el gabinete del I.E.S. “P. Suárez” de Granada*, tesis presentada en la Universidad de Granada.
- SÁNCHEZ VÁZQUEZ, V. et al. (2004): “La observación psicológica en los tribunales para niños en España (1889-1975): (I) Los terciarios capuchinos y la psicología”. *Revista de la Asociación Española de Neuropsiquiatría*, 92, 113-129
- SÁNCHEZ VÁZQUEZ, Vicente y GUIJARRO GRANADOS, Teresa (2000): “Los inicios de la Psicotecnia en España”, *Revista Asociación Española de Neuropsiquiatría*, 76.

- SÁNCHEZ VÁZQUEZ, Vicente; GUIJARRO GRANADOS, Teresa; SANZ LÓPEZ, Yolanda (2005): “La observación psicológica en los tribunales para niños en España (1889-1975) (II). La estructura de la exploración psicológica”, *Revista de la Asociación Nacional de Psiquiatría*, 94 (disponible en línea).
- SCHAFER, Simon (1989): ‘Glass works: Newton’s Prisms and the Uses of Experiment’. En: Gooding, D., Pinch, T. & Schaffer, S. (eds.), *The Uses of Experiment*. Cambridge: Cambridge University Press.
- SCHAFER, Simon (1994): “Machine Philosophy: Demonstration Devices in Georgian Mechanics”, *Osiris* 9 (1): 157-182.
- SCHRAVEN, Thomas (2004): “The Hipp Chronoscope. The Virtual Laboratory” (ISSN1866-4784), en <http://vlp.mpiwg-berlin.mpg.de/references?id=enc13>
- SENNETT, Richard (2009): *El artesano*, Barcelona, Anagrama.
- SERRANO, Emilio y MARCOS, Alfredo (2008): “Historia y patrimonio del Instituto Cardenal López de Mendoza”, *CEE Participación Educativa*, 8 de julio de 2008, 183-190.
- SHAPIN, S y SCHAFER, S. (1985): *Leviatan and the Air-Pump*, Princeton, Princeton University Press.
- SHAPIN, S. (1989): “The Invisible Technician”, *American Scientist*, 77, 6, 554-563.
- SILVA E SÁ, Guilherme José da; VENTURA SANTOS, Ricardo; RODRIGUES-CARVALHO, Claudia; SILVA, Elizabeth Christina da (2008): “Crania, bodies, and measurements: formation of anthropometric instruments at the Museu Nacional in the late nineteenth/early twentieth century”, *História, Ciências, Saude-Manguinhos*, 15, 1, 197-208 (disponible en línea).
- SIMON, Josep (2004): “Los instrumentos científicos del IES ‘Luis Vives’: primeros resultados de un catálogo de la cultura material de la ciencia”. En: Español González, Luis; Escribano Benito, José Javier; Martínez García, María Angeles (coords.). *Actas VIII Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*. Logroño, Universidad de La Rioja, 245-258.
- SIMON, Josep (2011): *Communicating physics: The production, circulation and appropriation of Ganot’s textbooks in France and England, 1851–1887*, Londres: Pickering & Chatto.
- SIMON, Josep (2013): “Physics textbooks and textbooks physics in the nineteenth and twentieth centuries”. En: *The Oxford handbook of the history of physics*, ed. R Fox y J. Buchwald, Oxford, Oxford University Press.
- SIMON, Josep et al. (2009): “Spanish Secondary Schools”, Lourenco, Marta C. y Carniero, ed. (2009). *Spaces and Collections in the History of Science. The Laboratorio Chimico Overture*, Lisboa: Museum of Science of the University of Lisbon, 167-184.

- SIRERA, Carlos (2011): *Un título para las clases medias. El instituto de bachillerato Lluís Vives de Valencia, 1859-1902*, Valencia, PUV.
- SMITH, Peter y LEFLEY, Caroline (2016): *Rethinking Photography. History, Theories and Education*, Nueva York, Routledge.
- SMITH, Roger (1997): *The Fontana History of Human Sciences*, Londres, Fontana Press.
- SONTAG, Susan (2007): *Sobre la fotografía*, México, Alfaguara.
- SPENCER, Herbert (1983): *Ensayos sobre Pedagogía*. Madrid, Akal.
- SUAY MATA LLANA, I. (2012): "Secondary School Science Collections in Spain: Castellón and Alicante". *Bulletin of the Scientific Instruments Society*, 113, 10-16.
- SUTTON, Geoffrey V (1995): *Science for a polite society: Gender, Culture and the Demonstration of Enlightenment*, Boulder, CO, Westview Press;
- TRUJILLO, Leandro (2006): "Instrumentos científicos del Instituto de Canarias Carrera Pinto", VV.AA., *160 aniversario del Instituto Canarias de Cabrera Pinto (1846-2006)*, San Cristóbal de La Laguna: Ayuntamiento de San Cristóbal, Viceconsejería de Cultura y Deportes, 107-121.
- TURNER, Gerard L'E. (1983): *Nineteenth-Century Scientific Instruments*, Londres, Sotheby's Publication.
- UNAMUNO, Miguel de (2012): *Recuerdos de niñez y de mocedad*, 1908, Madrid, Alianza.
- UNESCO (1950): *Inventario de Material de Enseñanza Científica. Enseñanza primaria, secundaria y profesional*, vol. 1, París, UNESCO.
- VALLADARES, B. (1900): *Tratado de física elemental*, Bilbao.
- VEA, Fernando (2008): "Aportaciones al estudio de la segunda enseñanza en la II República en España (1931-1936)", *Llull*, 31, 103-150.
- VICENTE FERRANDO, María Jesús (1995): "El pensamiento pedagógico de M. Carderera y Poto", *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 23, 185-205.
- VICENTE FERRANDO, María Jesús (1999): *Manuel Carderera y Potó*, Huesca, Colección de Estudios Altoaragoneses.
- VIÑAO, Antonio (2000): "Higiene, salud y educación en su perspectiva histórica". *Areas. Revista Internacional de Ciencias Sociales*, 20.
- VIÑAO, Antonio (2004): *Escuela para todos. Educación y modernidad en la España del siglo XX*, Madrid: Marcial Pons.
- VV.AA. "El gabinete de Física y Química", VV.AA (1996). *Exposición conmemorativa. 150 años de la Enseñanza Secundaria en Segovia*, Segovia, Ministerio de Educación y Ciencia.
- VV.AA. (2013): "La colección de placas de linterna del antiguo Instituto Provincial de Badajoz" (IES Bárbara de Braganza; IES Zurbarán), Comunicación VII Jornadas Institutos históricos (Burgos 2013).

- VYGOTSKI, Lev S. (2017): *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*, Barcelona, Austral.
- WINNER, Langdon (2008): *La ballena y el reactor. Una búsqueda de los límites en la era de la alta tecnología*, Barcelona, Gedisa.
- WISE, M. Norton (1993): “Mediations: Enlightenment Balancing Acts, or the Technologies of Rationalism”, en Horwich, Paul, ed., *World Changes. Thomas Kuhn and the Nature of Sciences*, Cambridge, Mass., The MIT Press.
- WISE, M. Norton, ed. (1997): *The values of precision*, Princeton, Princeton University Press.
- WITTJE, Roland (2011): “Simplex Sigillum Veri”: Robert Pohl and Demonstration Experiments in Physics after the Great War”. En Peter Heering, Roland Wittje (eds.), *Learning by Doing*, Stuttgart, Franz Steiner Verlag.
- YAMASAKI, Yoko (2010): “The impact of Western progressive educational ideas in Japan: 1868–1940”, *History of Education. Journal of the History of Education Society*, Volume 39, 5, 575-588 (disponible en línea).
- ZAMORO MADERA, ÁNGEL (2015): *D. Tomás Escriche y Mieg (1844-1935). Profesor de segunda enseñanza (1869-1918)*, Badajoz: Diputación de Badajoz.

WEBGRAFÍA

- La ciencia en las aulas (1800-2000): Historia y enseñanza de las ciencias, en <https://hisencien.com/>
- Holland, Julian: “Historic Scientific Instruments. A guide to resources”, <http://members.optusnet.com.au/jph8524/JHSciInstGuide.htm> (procedente de: Michael R. Matthews (ed.), *History, Philosophy & New South Wales Science Teaching Second Annual Conference* (Sydney: 1999), pp. 121-29).
- Instruments for Science: Scientific Instrument Trade Literature (Smithsonian Libraries), en <http://www.sil.si.edu/DigitalCollections/Trade-Literature/Scientific-instruments/intro-turner.htm>
- JAE Educa. Diccionario de profesores de instituto vinculados a la JAE (1907-1936), en <http://ceies.cchs.csic.es/?q=inicio>
- Nouveau dictionnaire de pédagogie*, dirigido por F. Buisson (1911), <http://www.inrp.fr/edition-electronique/lodel/dictionnaire-ferdinand-buisson/>
- Online Scientific Instrument Trade Catalogues, <<http://scientific-instrument-commission.org/online-catalogues>>
- The Virtual Laboratory. Essays and Resources on the Experimentalization of Life (Max Planck Institut Für Wissenschaftsgeschichte), <<http://vlp.mpiwg-berlin.mpg.de/references?id=lit13714>>.

APÉNDICE

Seguidamente reproducimos los componentes del catálogo-modelo establecido por la Dirección General para la Física y la Química (Colección, 1847):

APARATOS DE FÍSICA

MECÁNICA

- Modelo de Vernier
- Aparato para el choque de los cuerpos, con tres esferas de marfil, etc
- Aparato para demostrar la elasticidad
- Plano vertical para demostrar la ley del paralelogramo de fuerzas
- Máquina de Atwood
- Aparato para la caída parabólica de un cuerpo sólido
- Aparato de fuerzas centrífugas
- Aparato para demostrar el aplanamiento de la tierra por los polos
- Plano inclinado y un cilindro para la teoría del centro de gravedad
- Aparato para demostrar la teoría del fiel de la balanza
- Aparato para demostrar todos los sistemas de poleas
- Aparato de ruedas dentadas
- Modelo de gato
- Modelo de cabria

PNEUMÁTICA

- Máquina neumática
- Campana de cristal para la máquina neumática
- Id. id.
- Id. id.
- Rompe vejigas
- Recipiente con dos barómetros
- Globo de cristal para pesar el aire
- Hemisferios de Magdebourgo de o'8
- Bomba aspirante para ver que no produce efecto en el vacío
- Aparato para demostrar la porosidad
- Tubo para caída de los cuerpos en el vacío
- Barómetro
- Movimiento de relojería para el sonido en el vacío
- Martillo de agua

HIDROSTÁTICA

- Aparato de Haldat
- Aparato para demostrar la presión de bajo en alto
- Balanza hidrostática
- Cilindro doble y contrapeso
- Aerómetro de Nicholson
- Alcohómetro centesimal de Gay-Lussac

HIDRODINÁMICA

- Flotador de Prony
- Fuente de Heron
- Fuente intermitente
- Vaso de Mariotte
- Modelo de bomba aspirante elevatoria e impelente
- Prensa hidráulica

ACCIONES MOLECULARES

- Dos discos de cristal para la adhesión
- Laminas inclinadas para la capilaridad
- Aparato de tubos capilares

COMPRESIÓN DEL AIRE

- Tubo de Mariotte
- Fuente de compresión
- Eslabón neumático

MAGNETISMO Y GALVANISMO

- Aguja imantada
- Imán artificial
- Aparato de Oersted
- Brújula montada sobre ágata
- Pila de Volta de cincuenta discos
- Idem de artesa
- Idem Wollaston
- Aparato para descomponer el agua

METEOROLOGÍA

- Barómetros de cubeta ancha
- Termómetro de mercurio
- Termómetro de mercurio

- Id de id.
- Higrómetro de cabello
- Pluviómetro

CALÓRICO

- Péndulo compensador
- Barómetro para la tensión de los vapores
- Aparato de Gay-Lussac para la mezcla de vapores y gases
- Marmita de Papin
- Calorímetro de Lavoisier
- Dos espejos parabólicos cóncavos
- Cubo de Leslie
- Termómetro diferencial

ELECTROMAGNETISMO

- Multiplicador de Schwigger
- Electroimán de Pouillet

ACÚSTICA

- Sonómetro
- Tres placas montadas
- Arco de bajo y contrabajo

ELECTRICIDAD

- Máquina eléctrica de 0'60
- Banquillo aislador
- Botella de Leyden
- Idem
- Aparato para analizar la botella de Leyden
- Cilindro de vidrio
- Idem de lacre
- Cuadro mágico de Franklin
- Botella de Leyden con péndulos
- Batería de cuatro frascos
- Electrómetro de cuadrante
- Electróscopo de panes de oro con condensador
- Excitador simple
- Idem de mangos de cristal
- Un sol girante
- Campanario eléctrico

- Un barco para demostrar los efectos del rayo
- Pirámide para demostrar el peligro de la interrupción de los conductores
- Dos pistoletos de Volta
- Esfera hueca de Coulomb
- y su plano de prueba
- Dos cilindros aislados para la electricidad por influencia
- Electróforo de cincuenta centímetros
- Conductores de gancho para la máquina eléctrica
- Idem
- Conductor doble
- Oro masivo, veinticinco gramos
- Globo para la aurora boreal
- Tubo centelleante
- Cuadro centelleante
- Punta de cobre

ÓPTICA

- Portaluz
- Aparato para demostrar las leyes de la reflexión
- Espejos plano, cóncavo y convexo
- Cuba pequeña para la refracción
- Prisma para la descomposición de la luz
- Idem para el acromatismo
- Lentes cóncava y convexa
- Cámara oscura
- Microscopio simple
- Idem compuesto de varias lentes
- Anteojo terrestre
- Telescopio gregoriano

APARATOS DE QUÍMICA

- Una cuba hidropneumática de metal barnizado
- Un eudiómetro compuesto de Volta
- Un alambique de cobre completo
- Veinticuatro copas para precipitados, con pico y sin él
- Doce retortas de cincuenta centilitros
- Doce idem de un litro
- Seis idem de un litro tubuladas
- Seis embudos de ciento veinticinco gramos

- Seis idem de doscientos cincuenta gramos
- Seis matraces de quinientos gramos
- Seis idem de ciento veinticinco gramos
- Seis alargaderas de doscientos cincuenta gramos
- Seis idem de quinientos gramos
- Tres frascos de Wolf, de tres bocas, de cincuenta centilitros
- Probetas con pie y sin pie: cuatro kilogramos
- Morteros de cristal: cuatro kilogramas
- Cuatro cápsulas de porcelana de catorce centímetros, con pico
- Cuatro idem de ocho centímetros, id.
- Un mortero de bizcocho de porcelana de doce centímetros
- Dos tubos de porcelana de segunda magnitud
- Un horno reverbero.

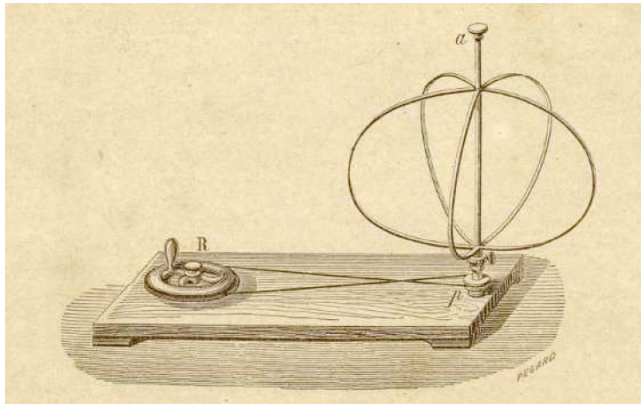


Figura 1. Bartolomé Feliú y Pèrez, Curso elemental de física experimental y aplicada, Barcelona, 1883, 5ª ed., 60.

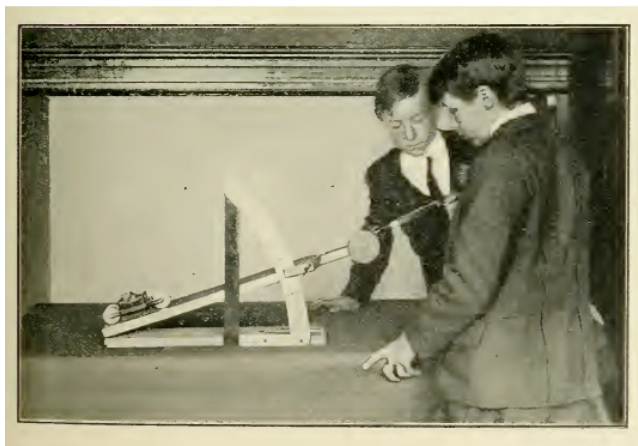


Figura 2. Omer Buyse, Méthodes Américaines d'Education Générale & Technique, París, 1909.

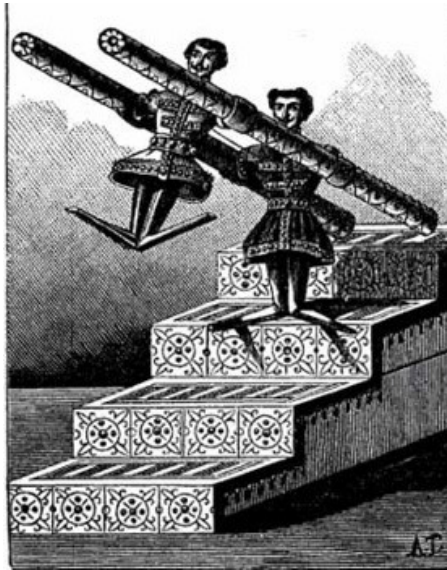


Figura 3. Los “Muñecos automáticos” y el centro de gravedad, Tissandier, Recreaciones científicas (1882, 71).


 MANUEL GARCÍA ARAMBURO,
ÓPTICO
 PROVEEDOR
 DE LA REAL CASA
 PREMIADO EN LA EXPOSICION UNIVERSAL
 DE PARÍS DE 1878.
15, PRÍNCIPE, 15
MADRID
 OBJETOS DE ÓPTICA, FÍSICA Y MATEMÁTICAS.

*Figura 4. La Discusión, Madrid, 3
junio 1881, nº 639.*

APARATOS ELÉCTRICOS Y OBJETOS PARA DIBUJO

ILDEFONSO SIERRA Y ALONSO, PROVEEDOR DE SS. MM.

CASA FUNDADA EN 1859

Echegaray, 8 duplicado.—Teléfono núm. 420.

Especialidad en la instalación de gabinetes de física, líneas telegráficas y telefónicas, campanillas eléctricas, pararrayos y comunicaciones acústicas.

Pilas, hilos, cables y conductores de todos sistemas.

Catálogos uustrados de Física, Telegrafía y Telefonía, Instrumentos para dibujo y levantamiento de planos.

Catálogo y manual ilustrado para la instalación de campanillas eléctricas y pararrayos.

INSTALACIONES DE LUZ ELÉCTRICA

y venta de todas clases de material para la misma.

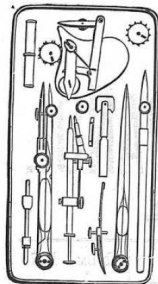


Figura 5. El telegrafista español. Revista general de electricidad, 23 febrero 1893, nº 166.

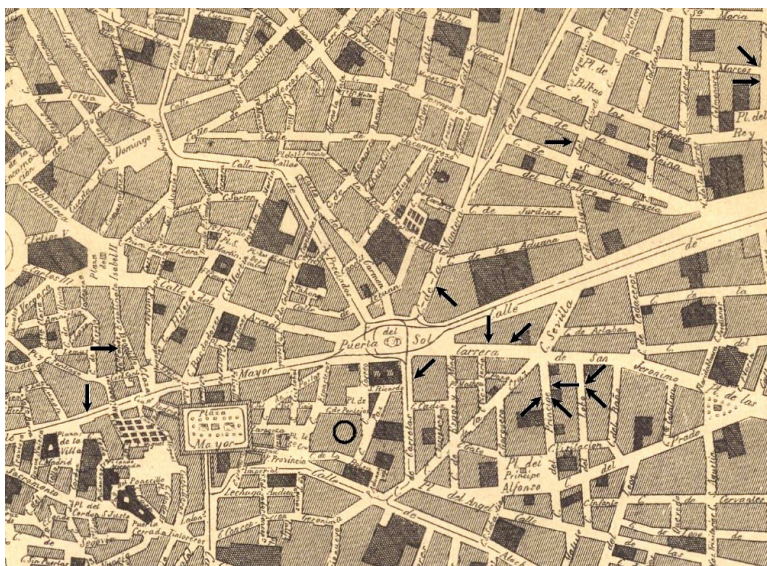


Figura 6. Localización de los fabricantes establecidos en Madrid mencionados en el texto. Se ubican en las áreas comerciales más representativas de la capital (Carrera de San Jerónimo, calle Mayor...), más que en las zonas de actividad académica. Plano de Madrid, J. Palouzie, 1886.

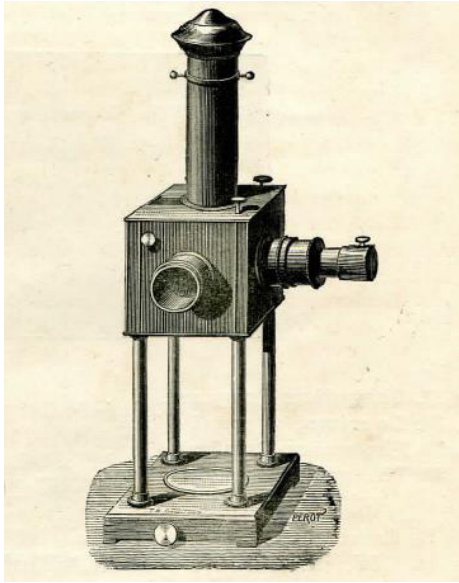


Figura 7. Lanterne photogénique, gran modelo de latón, dispuesto para diferentes fuentes luminosas, eléctrica, oxhídrico y petróleo. Édouard Lutz, Instruments d'optique. Appliqués aux recherches scientifiques, médicales et industrielles et à l'enseignement, París, 1890.

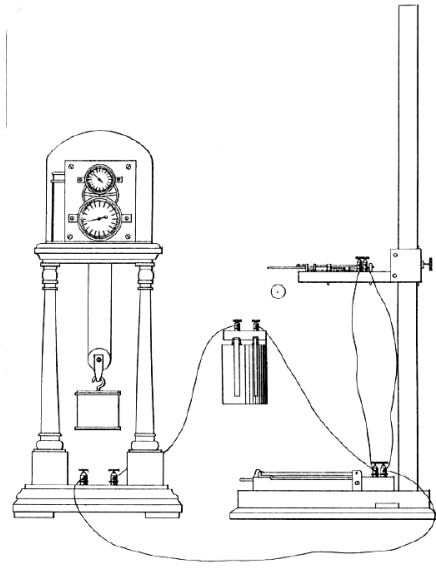
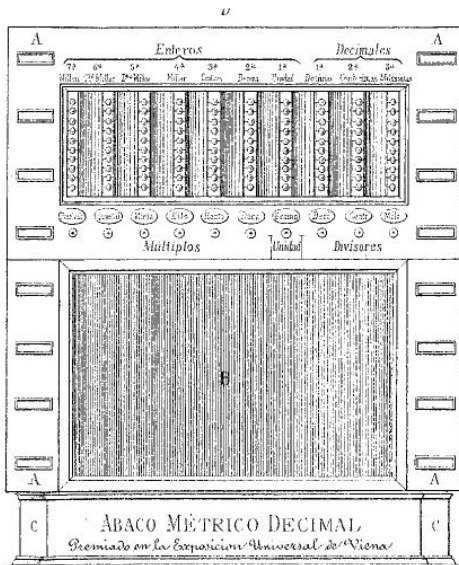


Figura 8. El cronoscopio de Hipp, instrumento recomendado por Wundt, empleado en fisiología experimental para medir los tiempos de reacción humana (Schraven, 2004).



Figura 9. Gabinete del Instituto de San Isidro (fondos IES San Isidro)



*Figura 10. Representación del aparato, similar a un aritmómetro, de Joaquín Orozco Sánchez, *El Ábaco Métrico-Decimal*. Obra destinada a facilitar la inteligencia y la aplicación del aparato del mismo nombre, Alicante, 1877.*



Figura 11. Barómetro magistral Torres, actualmente en IES Padre Luis Coloma (Nº Inv. 30).



Figura 12. Observatorio Meteorológico, Instituto de Palencia. Ilustración Española y Americana, 1880.

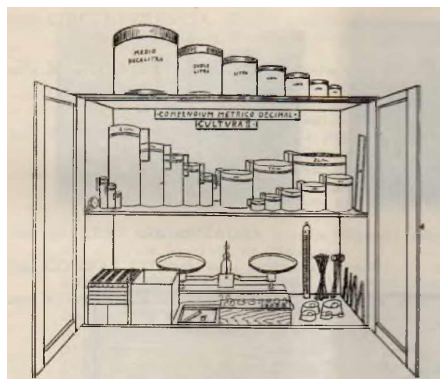


Figura 13. "Compendium Métrico Decimal. Cultura". Cultura. Material Pedagógico. Catálogo XX, Madrid, 1932 (p. 22).

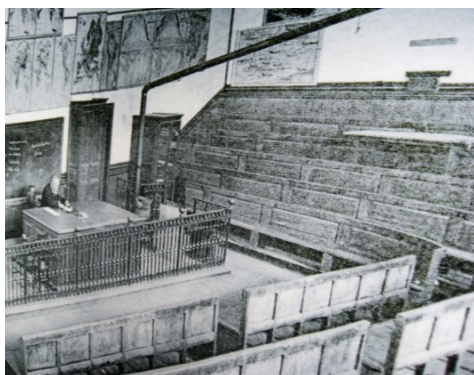


Figura 14. Instituto de San Isidro, c. 1915 (fondos IES San Isidro).

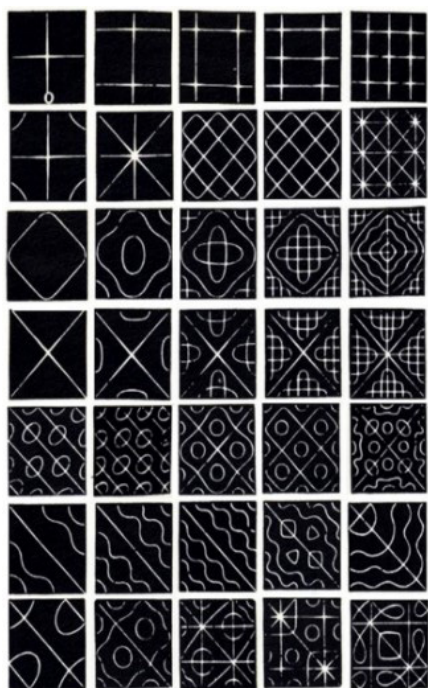


Figura 15. Figuras de Chladni, *Neue Beyträge*, 1817.

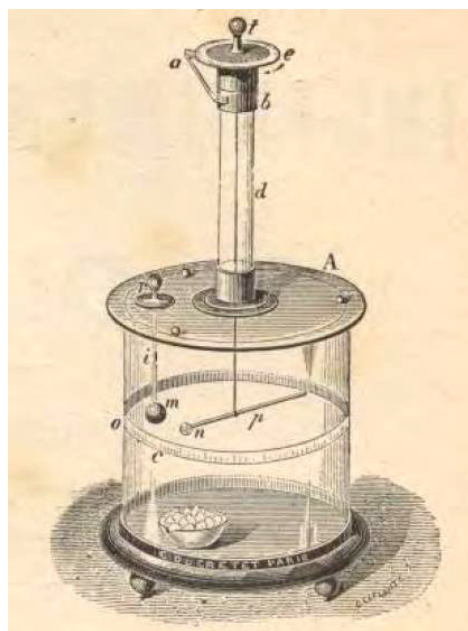


Figura 16. Balanza de torsión de Coulomb, para "demostrar la ley de atracciones y repulsiones eléctricas", vendida por 110 francos en el catálogo de E. Ducretet, *Electricité*, 3ª Parte, París, 1900, 4.

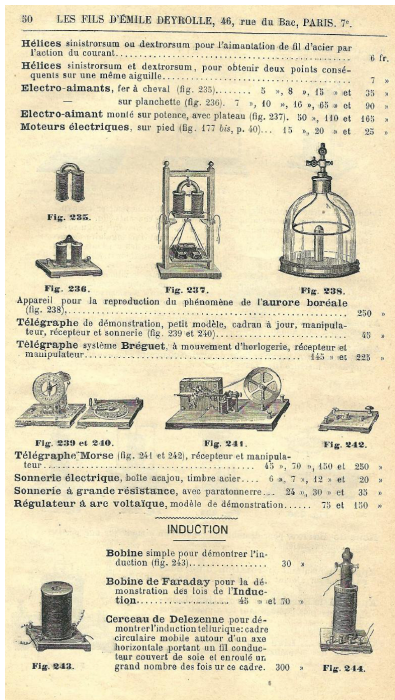


Figura 17. Sección de electromagnetismo, Les Fils D' Émile Deyrolle, París, 1904

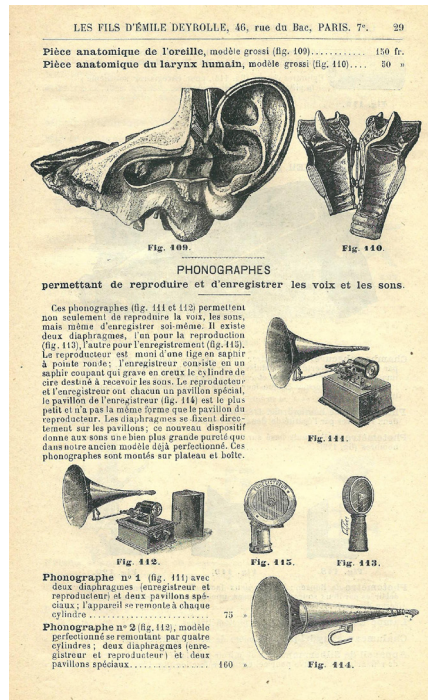


Figura 18. Sección de acústica, Les Fils D' Émile Deyrolle, París, 1904

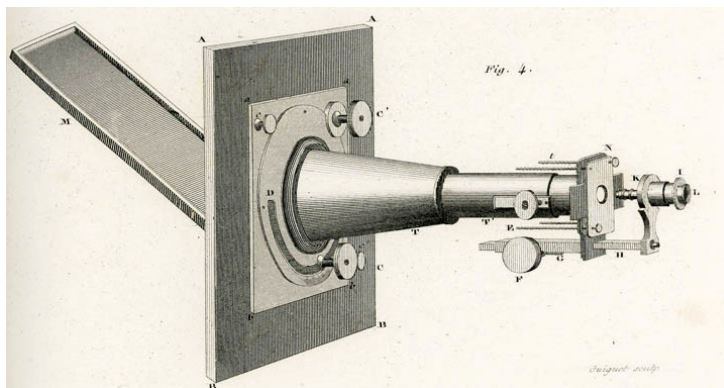


Figura 19. "Microscope solaire de Secretan" (Lerebours y Secretan, 1853)

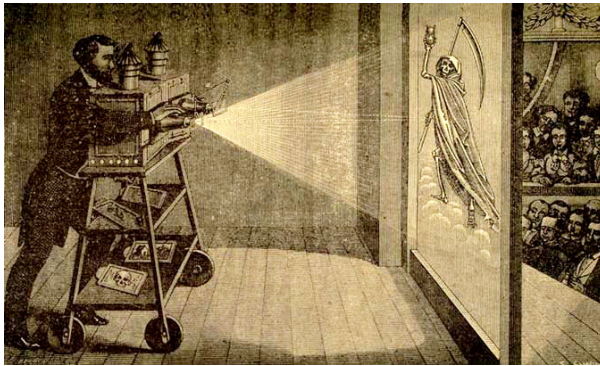


Figura 20. Proyección de fantascopio, A. Ganot, *Traité de physique expérimentale et appliquée et de météorologie*, París, 1876.

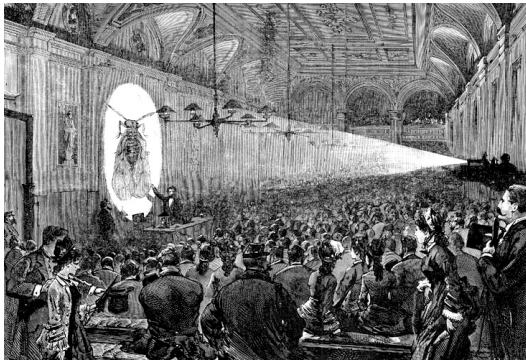


Figura 21. "Les Projections lumineuses et l'Enseignement primaire", conferencia del 30 de marzo de 1880 impartida en el gran anfiteatro de la Sorbonne a los miembros del Congreso de Pedagogía, por Stanislas Meunier, doctor en ciencias, miembro de la Comisión de Ciencias Físicas y Naturales del Ministerio de Instrucción Pública francés. *L'Univers Illustré*, nº 1307, 10 de abril de 1880.

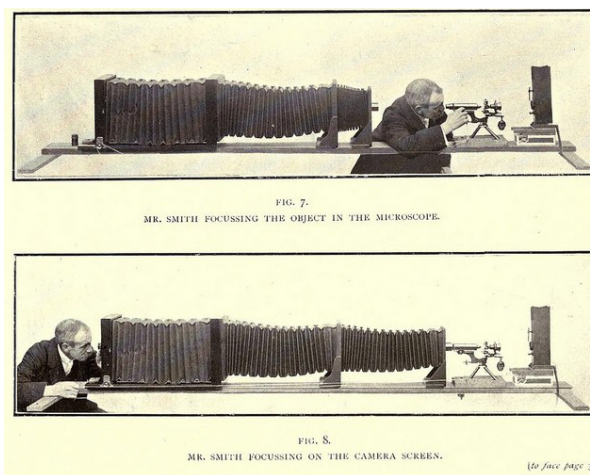


Figura 22. Arthur S. Smith (fotógrafo de las imágenes incluidas en la obra *Nature through microscope and camera*, Londres, 1909) enfocando el microscopio en la pantalla de la cámara (p. 38).

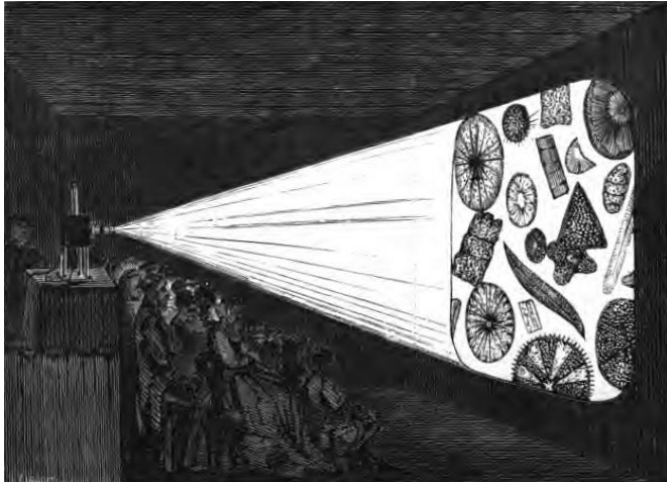


Figura 23. Aplicación de la fotomicrografía a la enseñanza. Proyección de la linterna iluminada con gas oxhídrico de un positivo sobre vidrio de diatomeas marinas. Jules Girard, La chambre noir et le microscope. París, 1869, 68.



Figura 24. Proyección experiencia del electroscopio (Wright, 1895, 154).

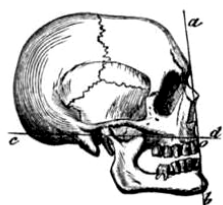


Fig. 29.
Calavera humana (*raza blanca*) (1).

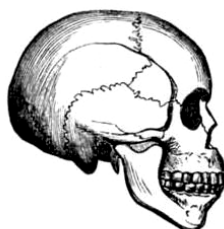


Fig. 30.
Calavera humana (*raza negra*).



Fig 31.
Calavera de Chimpancé (*Simia troglodytes*).

Figura 25. Ángulo facial de Camper. Sandalio de Pereda
(catedrático del Instituto de San Isidro), 1873, 68.

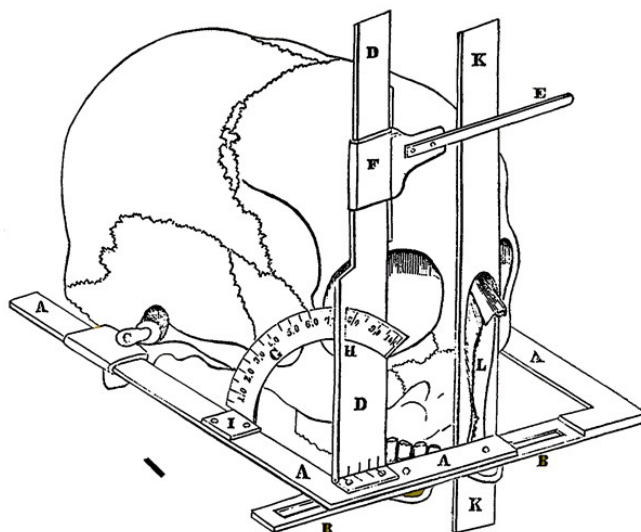


Figura 26. Goniómetro facial, Samuel Morton,
Crania Americana, 1839.

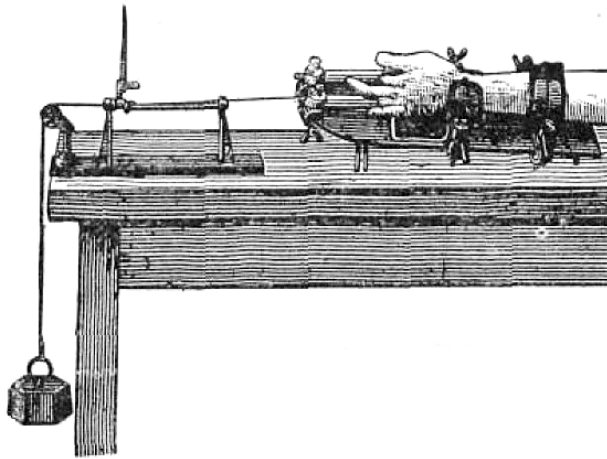


Figura 27. Ergógrafo de Mosso.

E. ZIMMERMANN
 Emilien-Str. 21 LEIPZIG Emilien-Str. 21

Psychologische und Physiologische Apparate,
 Mikrotome

GEGRÜNDET 1887


Städt. Silber-Medaille
LEIPZIG 1897

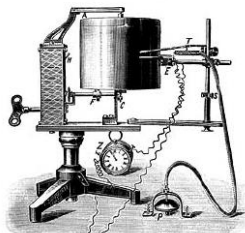

Silberne Medaille
BERLIN 1900


Silberne Medaille ROM 1904
Diplôme d'Honneur TURIN 1901


Orfèvre-Médaille
PARIS 1900

Juni 1902.

Neuer vereinfachter Registrier-Apparat (Kymographion)



Häufige Nachfragen nach einem einfachen, billigen Registrier-Apparat, geeignet zu praktischen Übungen und für die ärztliche Praxis veranlassen mich zu vorstehend abgebildeter Konstruktion. Der Apparat besitzt eine, des letzteren vollkommen gleichgrosse Trommel von 300 mm Umlang und 135 mm Höhe, welche ein Uhrwerk in gleichmässige, rechtsgängige Rotation versetzt; das Letztere wird durch den Hebel *H* arretiert, bez. ausgelöst. Unterhalb der Trommel ist eine Friktionscheibe angebracht; durch Verstellen der Rolle *F* auf der Uhrwerkswelle gegen Zentrum bez. Peripherie erhält die Trommel eine Umdrehungsgeschwindigkeit variabel von ca. 20–4 mm per Sekunde. Die Trommel

Figura 28. Quimógrafo de la casa E. Zimmermann (Leipzig). Zimmermann, E. 1902. Juni 1902: Neuer vereinfachter Registrier-Apparat (Kymographion). Leipzig: Hallberg & Büchting.

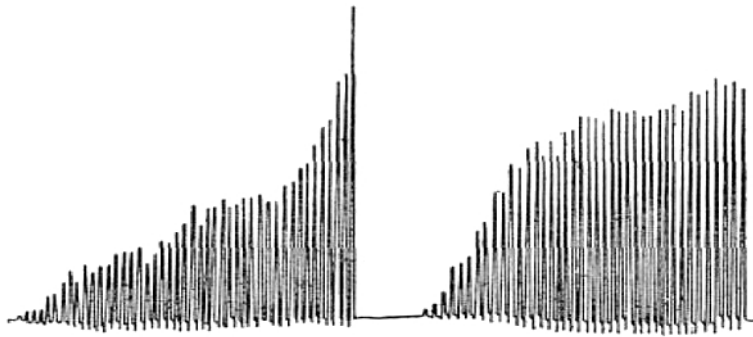


Gráfico del ritmo muscular obtenido con el ergógrafo.—(A la izquierda es después de haber ingerido azúcar).

Figura 29. “El azúcar y la energía muscular”, Madrid Científico, 1904, 468, p. 494. Se trata de mostrar, según el texto, los efectos del azúcar en el organismo, hecho que se observa en el cambio de longitud de las líneas del gráfico que se encuentra más a la derecha.

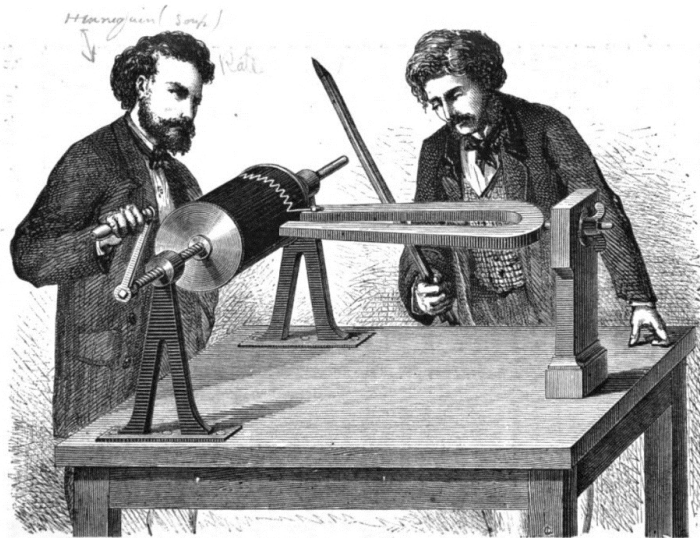


Figura 30. Vibróscopo, Amédée Guillemin, *El mundo físico*, 1882.

PROGRAMA HISTORIA DE LAS UNIVERSIDADES
PUBLICACIONES
ISSN: 1886-0710

1. *Estado de la Universidad de Alcalá (1805)*, estudio preliminar de José Luis Peset, edición de Diego Navarro, Madrid 1999, 120 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/7875>
2. *La investigación en la universidad*, edición de Carmen Merino, Madrid 1999, 217 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/7876>
3. Aurora Rivièrè Gómez, *Orientalismo y nacionalismo español. Estudios árabes y hebreos en la Universidad de Madrid (1843-1868)*, Madrid 2000, 143 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/7905>
4. Manuel Martínez Neira, *El estudio del derecho. Libros de texto y planes de estudio en la universidad contemporánea*, Madrid 2001, 318 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/7877>
5. Daniel Comas Caraballo, *Autonomía y reformas en la Universidad de Valencia (1900-1922)*, Madrid 2001, 334 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/7878>
6. Carolina Rodríguez López, *La Universidad de Madrid en el primer franquismo: ruptura y continuidad (1939-1951)*, Madrid 2002, 490 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/7879>
7. Ramon Aznar i Garcia, *Cánones y leyes en la universidad de Alcalá durante el reinado de Carlos III*, Madrid 2002, 349 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/7880>
8. Enrique Villalba Pérez, *Consecuencias educativas de la expulsión de los jesuitas de América*, Madrid 2003, 246 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/7881>
9. *Archivos universitarios e historia de las universidades*, edición de José Ramón Cruz Mundet, Madrid 2003, 345 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/7882>
10. *La enseñanza del derecho en el siglo XX. Homenaje a Mariano Peset*, edición de Adela Mora Cañada, Madrid 2004, 578 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/7883>

11. Manuel Martínez Neira / José M.^a Puyol Montero / Carolina Rodríguez López, *La universidad española 1889-1939. Repertorio de legislación*, Madrid 2004, 389 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/7884>
12. *Hacia un modelo universitario: la Universidad Carlos III de Madrid*, edición de Adela Mora Cañada y Carolina Rodríguez López, Madrid 2004, 365 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/7885>
13. *Manuales y textos de enseñanza en la universidad liberal*, edición de Manuel Ángel Bermejo Castrillo, Madrid 2004, 750 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/7886>
14. Susana Guijarro González, *Maestros, escuelas y libros. El universo cultural de las catedrales en la Castilla medieval*, Madrid 2004, CD + 349 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/7887>
15. *Filosofía para la universidad, filosofía contra la universidad*, edición de Faustino Oncina Coves, Madrid 2008, 360 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/3506>
16. Manuel Martínez Neira / José María Puyol Montero, *El doctorado en derecho. 1930-1956*, Madrid 2008, 340 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/3386>
17. Germán Perales Birlanga, *El estudiante liberal. Sociología y vida de la comunidad escolar universitaria de Valencia. 1875-1939*, Madrid 2009, 326 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/4376>
18. Alfons Aragoneses, *Un jurista del Modernismo. Raymond Saleilles y los orígenes del derecho comparado*, Madrid 2009, 259 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/5778>
19. Antonio López Vega, *Biobibliografía de Gregorio Marañón*, Madrid 2009, 187 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/6178>
20. Pio Caroni, *La soledad del historiador del derecho. Apuntes sobre la conveniencia de una disciplina diferente*, Madrid 2010, 225 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/6560>
21. Francisco Crosas López, *De enanos y gigantes. Tradición clásica en la cultura medieval hispánica*, Madrid 2010, 169 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/8346>
22. Manuel Martínez Neira / Natividad Araque Hontangas, *El marqués de Morante y la Universidad de Madrid*, Madrid 2011, 277 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/10578>

23. Antonio Planas Rosselló / Rafael Ramis Barceló, *La facultad de leyes y cánones de la Universidad Luliana y Literaria de Mallorca*, Madrid 2011, 186 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/11325>
24. Francisco Ayala / Eduardo L. Llorens / Nicolás Pérez Serrano, *El derecho político de la Segunda República*, estudio preliminar, edición y notas de Sebastián Martín, Madrid 2011, CLXXXIX + 396 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/11365>
25. Pablo Campos Calvo-Sotelo, *La evolución histórica del espacio físico de la universidad. Impulsos conceptuales, paradigmas arquitectónicos, estrategias institucionales y propuestas recientes de innovación*, Madrid 2011, 236 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/12017>
26. Andry Matilla Correa, *Los primeros pasos de la ciencia del Derecho Administrativo en Cuba. José María Morilla y el Breve tratado de Derecho Administrativo (1847)*, Madrid 2011, 329 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/12033>
27. José María Puyol Montero, *La autonomía universitaria en Madrid (1919-1922)*, Madrid 2011, 545 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/12289>
28. Manuel Cachón Cadenas, *Historias de procesalistas, universidades y una guerra civil (1900-1950)*, Madrid 2012, 681 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/14588>
29. María Paz Alonso Romero, *Salamanca, escuela de juristas. Estudios sobre la enseñanza del derecho en el Antiguo Régimen*, Madrid 2012, 722 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/15129>
30. Carlos Nieto Sánchez, *San Clemente de Bolonia (1788-1889): el fin del Antiguo Régimen en el último colegio mayor español*, Madrid 2012, 480 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/15708>
31. Natividad Araque Hontangas, *Manuel José Quintana y la Instrucción pública*, prólogo de Jean-Louis Guereña, Madrid 2013, 427 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/17196>
32. *La Universidad Central durante la Segunda República: Las Ciencias Humanas y Sociales y la vida universitaria*, edición de Eduardo González Calleja y Álvaro Ribagorda, Madrid 2013, 376 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/17394>
33. Manuel Martínez Neira, *La creación del cuerpo de catedráticos de universidad (1812-1857). Estudio histórico-jurídico*, Madrid 2013, 358 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/18077>

34. Luis Enrique Otero Carvajal (dir.), *La Universidad nacionalcatólica. La reacción antimoderna*, Madrid 2014, 1098 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/18911>
35. Manuel Martínez Neira, *La regulación de las oposiciones a cátedras universitarias: 1845-1931*, Madrid 2014, 146 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/19338>
36. Aulas modernas. Nuevas perspectivas sobre las reformas de la enseñanza secundaria en la época de la JAE (1907-1939), edición de Leoncio López-Ocón, Madrid 2014, 364 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/19883>
37. María Ángeles Longás Lacasa, *Historia de la Biblioteca de la Universidad de Mallorca (1767-1829)*, Madrid 2015, 437 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/21552>
38. Fernando Liendo Tagle, *Pablo de Olavide y la nueva planta de los estudios*, Madrid 2016, 176 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/23895>
39. Rafael Ramis Barceló, *Doctores hispanos en leyes y cánones por la Universidad de La Sapienza de Roma (1549-1774)*, Madrid 2017, 274 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/24015>
40. Julián Gómez de Maya, *De Al-Ricotí al rector Sabater: estudios históricos sobre la Universidad de Murcia y sus antecedentes*, Madrid 2017, 388 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/24848>
41. Luigiaurelio Pomante, *A Great Research Lab on University History and Higher Education in Spain: Instituto Antonio de Nebrija de Estudios sobre la Universidad (1997-2009)*, Madrid 2017, 253 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/25309>
42. Pablo Campos Calvo-Sotelo / Laura Luceño Casals, *Las formas de la educación. Vínculos entre dimensión docente y dimensión arquitectónica en disciplinas creativas, como expresión de innovación universitaria*, Madrid 2018, 169 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/26594>
43. Rafael Ramis Barceló / Pedro Ramis Serra, *Los primeros grados de la Universidad de Baeza (1549-1580)*, Madrid 2018, 234 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/27079>
44. Víctor Guijarro Mora, *Artefactos y acción educativa. La cultura del objeto científico en la enseñanza secundaria en España (1845-1930)*, Madrid 2018, 273 pp.
<http://hdl.handle.net/10016/27200>