

Las ciencias físico-matemáticas en la España del siglo XIX

José Manuel Sánchez Ron

1. Desarrollo científico y desarrollo industrial

El siglo XIX constituye, en lo que a la institucionalización de las ciencias físico-químicas se refiere, una centuria muy particular. Fue entonces, en efecto, cuando la posición socioeconómica de la actividad científica (de la química orgánica y de la física de la electricidad especialmente) se desarrolló lo suficiente en algunas naciones europeas, al igual que en Estados Unidos, como para que se pueda decir que comenzó a introducirse, y a ser reconocida, en un gran número de «ámbitos sociales». No es, por supuesto, que no se puedan identificar rasgos que muestren «aspectos institucionales» antes del ochocientos; pensemos, por ejemplo, en la atención que la Francia ilustrada dedicó a la enseñanza científico-técnica, creando escuelas como la École de Ponts et Chaussées (1715), la École des Mines (1783) o la École Polytechnique (1794); pero por mucho que uno se esfuerce, es difícil no advertir que a lo largo del siglo XIX la relevancia social de la ciencia llegó a adquirir un grado y extensión nunca antes alcanzado ¹.

Darse cuenta de que fue durante el ochocientos cuando la institucionalización de la ciencia llegó a adquirir una densidad crítica es

¹ La institucionalización de la física y la química durante el siglo XIX en Francia, Alemania, Gran Bretaña y Estados Unidos se tratan en SÁNCHEZ RON, JOSÉ M., *El poder de la ciencia* (Madrid, 1992), cap. 1.

importante para el historiador -de la ciencia, al igual que «general»-, pero éste no debe detener su tarea intelectual de reconstrucción del pasado en tal punto. Es preciso preguntarse también por qué fue en esa época cuando se produjo semejante proceso. Una respuesta trivial sería afirmar que la razón estriba en que fue entonces cuando el desarrollo *interno* de las ciencias con mayor proyección social alcanzó el nivel suficiente para que fueran «útiles» en gran escala. Pero con tal afirmación se dice muy poco. No hace falta recordar que la ciencia ya había demostrado ser útil bastante antes; de hecho, como se sabe, su *utilidad* fue un tema recurrente durante el siglo de las luces.

Lo que ocurrió a partir, especialmente, de la segunda mitad del siglo XIX es que desarrollo «social» (productivo, comercial, empírico-tecnológico, educativo, político) y desarrollo científico llegaron a un punto en el que pudieron beneficiarse mutuamente. La dinámica interna de esta relación es compleja, distando todavía de ser comprendida en sus múltiples facetas; sin embargo, para el tema que voy a abordar en esta ocasión hay una dimensión particularmente importante.

La sociedad occidental recibió mucho de las ciencias físico-matemáticas a lo largo del siglo XIX; recibió, por ejemplo, el conocimiento básico que subyace en el fondo de la industria de la electricidad. Pero cometeríamos un grave error si no tuviésemos muy en cuenta que la ciencia se benefició a su vez de esas aplicaciones. Antes de que James Clerk Maxwelllograse sintetizar y ampliar, a mediados de la década de los sesenta, los dispersos conocimientos de los fenómenos electromagnéticos creando la hoy denominada «electrodinámica maxwelliana», ya se estaban aplicando tales conocimientos; a la telegrafía terrestre y submarina, muy especialmente. Y estas *aplicaciones* tecnológicas no fueron inertes; provocaron profundos efectos tanto en la teoría como en la práctica científica. Así, se ha argumentado que la noción de «campo» de Faraday, esencial para el desarrollo de la teoría electromagnética, es acreedora del descubrimiento del retraso que sufría la corriente eléctrica cuando era transmitida a lo largo de grandes distancias de cables telegráficos subterráneos ². En cuanto a la práctica, basta con recordar que la demanda de técnicos en electri-

² TTUNT BRJICE, I., «Michael Faraday, cable telegraphy and the rise of field theory», *History Of Technology* 13, pp. 1-19 (1991).

cidad potenció -creó, incluso, en ocasiones- los laboratorios, en principio *científicos*, dedicados al estudio de la electricidad³.

Una consecuencia importante de la relación que estoy analizando se encuentra en que el desarrollo de la física se vio seriamente obstaculizado en naciones escasamente industrializadas. En el siglo pasado la «aplicabilidad (o rentabilidad) social» constituyó un elemento importante para la institucionalización de la física y de la química, lo que quiere decir también para que surgieran más físicos y químicos; en particular, físicos y químicos *creativos*. Y aquí entra ya España.

Como veremos en este trabajo, el desarrollo de la física en España a lo largo del siglo XIX fue muy pobre. Prácticamente todos aquellos investigadores que han considerado la situación de la ciencia española durante el siglo XIX han señalado repetidamente que existen razones de índole educativa (las esbozaré más adelante) que ayudan a comprender tal situación. Sería difícil, efectivamente, minimizar este factor, más aún si se le añade el escalofriante dato de que todavía en 1900 alrededor del 70 por 100 de la población española era analfabeta. Ahora bien, en mi opinión se ha hecho demasiado hincapié en esta vertiente del problema, acaso porque la mayoría de los historiadores de la ciencia española no conocen demasiado bien la realidad de otras naciones, o porque han olvidado interesarse por las contribuciones de historiadores generales y de la economía. Deficiencias en el sistema educativo orientado a la ciencia se encuentran, a lo largo del siglo XIX, en muchos países, no sólo en España. En Gran Bretaña, por ejemplo. No pretendo decir que tales «deficiencias» sean comparables. No es necesario llegar a semejante extremo para sustentar el punto que estoy intentando resaltar. Aun en el caso de que en España se hubiesen superado con creces los vicios de la educación científica que se encuentran en otras naciones que contribuyeron de manera apreciable a la ciencia del siglo XIX, la diferencia entre los logros de las ciencias físico-químicas en España y en otras naciones es, comparativamente, mucho mayor que la correspondiente diferencia entre los «vicios» de los respectivos sistemas educativos. La explica-

³ Para el caso de Gran Bretaña, en donde se observa este efecto con particular claridad, ver SVIEDRYS, ROMJALDAS, «The rise of physical laboratories in Britain», *Historical Studies in the Physical Sciences* 7, pp. 405-436 (1976).

ción de esa diferencia relativa se encuentra, en mi opinión, en las respectivas capacidades industriales 4.

El desarrollo industrial impuso, directa o indirectamente, sus reglas en la ciencia. Ayudó a que se fueran eliminando restos de escolasticismo; a que, en el caso germano, por ejemplo, el ideal neohumanista (con su énfasis en el estudio de culturas y lenguas clásicas, algo que también se daba en Inglaterra) perdieran bastante de su preeminencia; se consiguió que las *technischen hochschulen* (escuelas politecnicas) tuviesen un estatus comparable al de las Universidades, aumentando, por consiguiente, las relaciones entre ambas instituciones (es particularmente interesante en este sentido el ejemplo del matemático Félix Klein) ⁵. Semejante motor o «purificador» no se encuentra en España, no al menos con la suficiente intensidad, ni a pesar de que algunas Escuelas de Ingenieros gozasen de un sólido prestigio.

España, en efecto, fracasó en sus intentos de tomar parte en la revolución industrial que de manera tan, en muchos aspectos, radical modificó la situación socioeconómica europea (una buena prueba de ese fracaso es que la balanza comercial española muestra que en el dominio tecnológico predominaban con mucho las importaciones; las exportaciones eran fundamentalmente de productos agrícolas y, sobre todo, de minerales) ⁶. En la medida en que capitalismo e industrialización recorren caminos parecidos, la situación de la España del ochocientos ha sido razonablemente bien resumida por Miguel Artola ⁷:

⁴ Nótese que me he referido a las «ciencias físico-químicas». A pesar de que mi objetivo en este artículo no es la química, ésta compartió en España algunos de los destinos de la física durante el siglo XIX y por este motivo la menciono. Ciertamente, el desarrollo de la química como ciencia está, al igual que ocurre con la física, estrechamente relacionado con la situación industrial. Por lo que sabemos, la industria química española no fue muy importante durante el siglo XIX. Ver NADAL I OLLEH, TORDI; CARRERAS DE ODRIOZOLA, ALBERT, Y MAHTIN ACEÑA, PABLO, *España, 200 años de tecnología* (Madrid, 1988), pp. 77 y ss.

⁵ PVENSON, LEWIS, *Neohumanism and the persistence of pure mathematics in Wilhelmine Germany* (Filadelfia, 1983).

⁶ El que la Revolución industrial fracasase en España no quiere decir que no tuviese lugar una expansión industrial apreciable. La literatura sobre estos puntos es abundante; ver, por ejemplo, el estudio clásico de NADAL, TORDI, *El fracaso de la Revolución industrial en España, 1814-1913* (Barcelona, 1975), y PRADOS DE LA ESCOSURA, LEANDRO, *De imperio a nación. Crecimiento y atraso económico en España (1780-1930)* (Madrid, 1988).

⁷ «La burguesía revolucionaria (1808-1874)», tomo 5 de la *Historia de España* (Madrid, 1990), p. 291.

La economía de base agraria que los liberales reorganizaron dio paso con gran rapidez a las manifestaciones de un capitalismo incipiente que se desarrollará con gran lentitud en todos los sectores, a excepción del ferrocarril, de forma que se ha podido decir con justicia, si se toma en cuenta la importancia del sector capitalista de la economía en la formación de la renta nacional, que la formación del capitalismo es en España un fenómeno del siglo XX.

y si es cierto, como de hecho estoy sugiriendo, que capitalismo e industrialización son elementos particularmente importantes en la institucionalización y desarrollo de las ciencias físico-químicas durante el siglo XIX, se podría parafrasear a Artola diciendo que «las condiciones necesarias para que se pudiese aspirar a una implantación medianamente satisfactoria de las ciencias físico-químicas, tal y como se fueron configurando a lo largo del siglo XIX, no se dieron en España hasta el siglo XX»⁸.

La industria afectó también al desarrollo científico de España de otra manera, esta vez no relacionada con la situación en que aquélla se encontraba en nuestro país. La relación existente entre desarrollo industrial y bienestar fue percibida con claridad tanto por profesores como por los diferentes Gobiernos (además, estaba la tradición que habían legado los ilustrados). Fruto de esta percepción fue el que predominase entre ambos estamentos una concepción utilitarista de la ciencia, lo que aunque en principio significaba el que se promocionasen las ciencias físico-químicas y matemáticas, puesto que se aceptaba que de ellas dependía el futuro de la industria, también llevaba aparejada en la práctica un abandono, o cuando menos descuido de la ciencia pura, de la investigación no práctica, entendida ésta como una de las misiones primordiales de los enseñantes universitarios. «¿De qué sirve -señalaba en 1870 F. Montells y Nadal, profesor de química y rector de la Universidad de Granada entre 1868 y 1872- que unos cuantos sabios pasen el tiempo agradablemente buscando la primera célula orgánica, el átomo de la materia matriz, la cuadratura del círculo o el movimiento continuo...? Disfruten buena hora sobre estos problemas de imposible solución, que en todas las épocas

⁸ La idea de que existió una relativamente fuerte relación entre ciencia-tecnología-capitalismo durante el siglo XIX se ve apoyada daramente por casos como el de Werner von Siemens en Alemania. Incluso algunos aspectos de la carrera de William Thomson (lord Kelvin) en Gran Bretaña apuntan en direcciones parecidas.

han servido de agradable solaz a las altas capacidades; pero no olviden los Gobiernos el ineludible deber en que se hallan de dirigir la educación difundiendo las ciencias con profusión, no perdiendo de vista que una nación no es más ilustrada porque reúna en su seno a una mayoría de hombres que han consagrado a los estudios universitarios los mejores años de su juventud, mientras la clase laboriosa se halle abandonada y sumida en la abyección»⁹. El énfasis en la enseñanza (bastante elemental la mayor parte de las veces) de las ciencias físico-matemáticas, con el que nos iremos encontrando, acaso sea, además de producto de un desarrollo profesional, científico, manifestación de este talento, de este *Zeitgeist* utilitarista que penetró gran parte del siglo XIX español.

Es posible también encontrar manifestaciones sociales de carácter más general que el desarrollo económico-industrial que ayudan a enmarcar el retraso científico que caracterizó a España en el XIX. Un importante fenómeno asociativo vinculado a las ciencias que se dio durante el siglo XIX es el de las Asociaciones para el Progreso de las Ciencias. Este tipo de asociación, que se extendió por una buena parte del mundo a lo largo del siglo, constituye un magnífico ejemplo de cómo la ciencia fue adquiriendo popularidad y ampliando sus conexiones internas (entre los propios científicos) y externas (ciencia-sociedad). La primera asociación en fundarse fue, en 1822, la alemana, la *Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte*, establecida en Leipzig a instancias sobre todo del biólogo Lorenz Üken; en 1831 siguió la *British Association for the Advancement of Science*; en 1848 el modelo atravesó el Atlántico, creándose la *American Association for the Advancement of Science*, que siguió muy de cerca la constitución de la británica; en 1872 los franceses se unieron al movimiento creando la *Association Française pour l'Avancement des Sciences*. Además de servir para presentar resultados científicos o elaborar panorámicas informativas para colegas de otros campos, cuando no simplemente para consumo de aficionados, algunas de estas sociedades (en especial la británica) formaban comités que estudiaban temas concretos (las constantes físicas, por ejemplo), con lo que servían de manera importante a la ciencia nacional e internacional. Un rasgo prácticamente común a todas ellas es el que fueron utilizadas

⁹ Citado en PESET, M., y PESET, I. L., *La universidad española (siglos XVIII y XIX)* (Madrid, 1974), pp. 762-763.

con frecuencia como tribunas para reclamar de la sociedad (en particular de los poderes públicos) atención y medios para la investigación científica. Pues bien, España no fundó su correspondiente asociación, la Asociación Española para el Progreso de la Ciencia, hasta 1908 (un año antes se había establecido la Societe Italiana per il Progreso della Scienze). Una muestra del retraso social de la ciencia en nuestro país. De manera similar, no existieron en España realmente sociedades profesionales de físicos y matemáticos hasta el siglo XX (la Sociedad Española de Física y Química se constituyó en 1903 y la Sociedad Matemática Española en 1911).

2. Física *versus* matemática y desarrollo industrial

Hasta ahora he estado haciendo hincapié, en mi intento de relacionar desarrollos «científico» e «industrial», en la física y la química. Salvo algún comentario pasajero, he dejado fuera de semejante vinculación a la matemática, aunque, como también veremos más adelante, es posible identificar ciertos vínculos (más a través de la educación *para* la tecnología que mediante el propio desarrollo industrial). Durante el siglo XIX la matemática, en efecto, no parece haber dependido tanto para su progreso e institucionalización (distinta al de las otras ciencias) de los logros industriales; es, en este sentido, muy diferente de las ciencias físico-químicas. El que esto es así se ve, si no probado, sí, al menos, no refutado cuando se constata -como veremos a lo largo de las páginas que siguen- que a lo largo del ochocientos la matemática se encontró en España en una situación mejor que la física ¹⁰.

¹⁰ Esto no quiere decir que no fuese también difícil convertirse en matemático profesional, dedicado completamente a esta ciencia. El caso de José Echegaray, con quien nos encontraremos con frecuencia, es ilustrativo en este sentido. En sus *Recuerdos* (Madrid, 1917) Echegaray escribió, algo exageradamente (tomo I, pp. 405-406): «Las matemáticas fueron, y son, una de las grandes preocupaciones de mi vida, y si yo hubiera sido rico o lo fuera hoy, si no tuviera que ganarme el pan de cada día con el trabajo diario, probablemente me hubiera marchado a una casa de campo muy alegre y muy confortable y me hubiera dedicado exclusivamente al cultivo de las ciencias matemáticas. Ni más dramas, ni más argumentos terribles, ni más adulterios, ni más suicidios... Pero el cultivo de las altas matemáticas no da lo bastante para vivir. El drama más desdichado, el crimen teatral más modesto, proporciona mucho más dinero que el más alto problema de cálculo integral, y la obligación es antes que la devoción.» Echegaray, como sabemos, encaminó sus pasos hacia la política y el teatro. No

Pero ya es hora de abandonar estos temas, que deben, a partir de ahora, tenerse en mente como un elemento importante para entender la historia de las ciencias físicas en la España del siglo XIX.

3. Una ciencia no original

La situación de la matemática y la física españolas a lo largo del siglo XIX no fue tan desesperada como para que no nos encontremos, aquí y allá, interesados, profesionales o practicantes *amateurs* de esas ciencias. Ahora bien, si hubiera que caracterizar de alguna manera los productos de tales individuos, yo recurriría a la expresión «carencia de originalidad». El ámbito en el que se movieron los físicos y matemáticos españoles de aquella centuria fue, con muy pocas excepciones, el de la enseñanza, una enseñanza en general de carácter poco avanzado. Se trataba sobre todo de enseñar, y así las publicaciones de nuestros científicos del XIX se limitan, en general-nos iremos encontrando con algunos ejemplos- a textos, compuestos con materiales tomados de diversas fuentes. Ya en nuestro siglo, Blas Cabrera se refirió en términos bastante duros a lo que él consideraba una enfermedad de la ciencia española: los libros de texto -manifestó el físico canario-- «existen en una proporción mucho mayor de la que corresponde a nuestra producción científica, [por 10 que], como es lógico, son casi siempre malos...; la publicación de buenos libros elementales corre pareja con la abundancia de los trabajos de investigación. Cuando los primeros son mucho más frecuentes que los segundos, caracterízanse por su falta de originalidad y su manifiesto retraso» 11. Tal situación llevaba, según Cabrera, a que en la literatura físico-química se confundiese «lo elemental con lo anticuado». Duras palabras, efectivamente, y sin duda injustas en parte, ya que difícilmente los físicos y matemáticos españoles del XIX habrían podido, dada la situación en la que se movían, hacer otra cosa que escribir -de vez en cuando-- libros, muchas veces «elementales y anticuados»; pero de todas maneras es indudable que cumplieron una función y que, además, al ir progresando el siglo, se fueron produciendo, especial-

fue el único. El matemático Manuel María Azafrá y Sáenz de Tejada (1813-1879), por ejemplo, fue director general de Industria y Comercio.

11 CABRERA, BLAS, «La literatura físico-química en España», *Revista de Libros*, núm. 2 (julio 1913), pp. 22-24.

mente en matemáticas (y dentro de ella en geometría), no en física, algunas obras menos elementales y anticuadas.

La otra actividad que, junto a *enseñar*, encontramos en científicos hispanos de la época es la de *informar* acerca de avances realizados en otras naciones. Es representativa en este sentido la *Revista de los Progresos de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, que publicó entre 1850 y 1905 la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, institución de, en principio, élite, creada en 1847¹². Esta revista estaba dedicada a informar, bien traduciendo artículos de científicos extranjeros publicados en otros lugares, bien dando breves noticias; sólo ocasionalmente aparecía algún artículo de un español¹³. Tomemos, por ejemplo, el tomo 12, correspondiente a 1862, de la *Revista*.

En la sección de Ciencias Exactas, salvo tres artículos/notas (uno sobre trigonometría, otro de topografía y el último relativo al «arte militar»), todos tratan de astronomía. Preparados por españoles hay dos de los nueve: una nota sobre una ocultación de Venus, observada desde el Observatorio de Madrid, y una «Nueva determinación de la latitud de Madrid», por Miguel Merino.

En la sección de Ciencias Físicas nos encontramos con doce artículos, más un número elevado de notas sobre observaciones meteorológicas efectuadas en el Observatorio de Madrid. De física propiamente dicha son cuatro los artículos, todos por extranjeros (dos de física del globo, uno sobre la «imbibición» y el último una «revista de los trabajos de física verificados en Alemania»). Además, apareció uno de topografía.

Existía, por otra parte, una sección de Ciencias Naturales y una de «Variedades», en la que, tomadas en general de revistas, se ofrecían todo tipo de noticias, desde las propias de la vida de la Academia hasta la «enfermedad de las patatas», pasando por el telégrafo transatlántico, industria de la seda en Mallorca o el discurso del ministro de Instrucción Pública francés.

¹² Algunos datos acerca de esta publicación se encuentran en PÉREZ CARCTA, MARÍA CONCEPCIÓN, Y MUÑOZ BOX, FERNANDO, «La Revista de los Progresos de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales», *Estudios sobre Historia de la Ciencia y de la Técnica*, Esteban Piñero, Mariano, y otros, eds. (Valladolid, 1988), pp. 54:3-552.

¹³ La excepción más importante fue la de José Echegaray, que publicó en esta revista una serie de artículos sobre geometría superior, a los que me refiero más adelante.

4. Física y matemáticas universitarias

Con apunté antes, el tema de las ciencias físico-matemáticas y químicas en la Universidad española del siglo XIX ha sido comentado o estudiado con cierta frecuencia. En esta sección me limitaré, por consiguiente, a dar una visión general orientada a mis intereses en este artículo 14.

La preocupación de los políticos españoles de la Ilustración por el atraso nacional en las ciencias experimentales se plasmó en diferentes iniciativas a lo largo del último tercio del siglo XVIII, entre las que cabe mencionar, en el dominio de la física (entendida ésta sobre todo como ciencia «útil») y la técnica, la creación de observatorios astronómicos, laboratorios de física, colecciones (gabinetes) de máquinas y escuelas de ingeniería. Acaso la más llamativa de esas iniciativas fue la creación, en 1788, del Real Gabinete de Máquinas, instalado provisionalmente en el palacio del Buen Retiro ¹⁵. La ocupación de Madrid por las tropas napoleónicas en marzo de 1808 trajo consigo, sin embargo, la clausura del Gabinete, por entonces dependiente de la Escuela de Caminos y Canales (en él realizaban los alumnos la mayor parte de sus prácticas). De hecho, aquello significó el principio del fin del Gabinete: de un inventario realizado en 1816 se deduce que más del 50 por 100 de las máquinas supervivientes estaban deterioradas.

Fuera de la Corte también se produjeron durante la época ilustrada algunos esfuerzos por mejorar la enseñanza de las ciencias y tecnología físicas. Uno de los casos estudiados ha sido el de la Universidad de Valencia, en donde hacia finales de la década de 1780 se introdujo, con cierta generosidad, la enseñanza experimental de la fí-

¹⁴ Entre las obras que deben leerse para encontrar tratamientos más completos figuran GIL DE ZÁRATE, ANTONIO, *De la instrucción pública en España*, 3 vols. (Madrid, 1855); MORENO GONZÁLEZ, ANTONIO, *Una ciencia en cuarentena. La física académica en España (17.50-1900)* (Madrid, 1988), y PESET, JOSÉ LUIS; GARMA, SANTIAGO, Y PÉREZ GARZÓN, JULIO SISINIO, *Ciencias y enseñanza en la revolución burguesa* (Madrid, 1978).

¹⁵ Acerca del Real Gabinete, véase RIEMEIJ DE ARMAS, ANTONIO, *El Real Gabinete de Máquinas del Buen Retiro* (Madrid, 1990), y LÓPEZ DE PEÑALVER, JUAN, *Descripción de las Máquinas del Real Gabinete*, J. Fernández Pérez e I. González Tascón, ed. (Madrid, 1991).

sica 16. Durante la guerra, y al igual que en Madrid, los aparatos valencianos desaparecieron, una parte importante debido a un bombardeo que tuvo lugar en 1813.

La Guerra de la Independencia significó, como vemos, un abrupto final para muchos esfuerzos de renovación científica llevados a cabo durante el setecientos. A los ejemplos ya citados se puede añadir el del Real Observatorio de Madrid, creado en 1790. Transformado en cuartel por los franceses, su excelente telescopio Herschel fue desmontado para aprovechar la madera de su soporte, y su archivo saqueado para encender fuego en torno al cual las tropas ocupantes pudieran calentarse durante el invierno.

Los esfuerzos ilustrados fueron importantes, pero su centro era sobre todo, como ya he apuntado varias veces, la «ciencia útil». La ciencia más académica, la física y la matemática, por ejemplo, progresaron poco. En su conocido discurso de apertura del curso 1875-1876 en la Universidad Central, Gumersindo Vicuña ofrecía una caracterización notoriamente incompleta (especialmente en 10 que a la matemática se refiere), pero no excesivamente desenfocada 17:

el estudio de las ciencias físico-matemáticas en nuestras universidades estaba casi abandonado durante el pasado siglo [el XVIII] y buena parte del actual... Un extracto de la geometría de Euclides, algún resumen de aritmética, nada o casi nada de álgebra, unas nociones de cosmografía, otras de música y una disertación, inspirada en la filosofía aristotélica, sobre los fenómenos naturales, a esto estaba reducida la enseñanza de las ciencias físicomatemáticas. Las cátedras correspondientes, mal dotadas y poco concurridas, las desempeñaban frecuentemente auxiliares indoctos. Las reglas empíricas sustitúan a las investigaciones teóricas, y en Salamanca se daban lecciones de canto en lugar de la teoría acústica de la música.

He dicho que esta caracterización, aunque no completamente desenfocada, es, no obstante, incompleta. Esto se puede comprobar sin más que mencionar algunas excepciones existentes a principios del si-

¹⁶ TEN, ANTONIO E., «La física experimental en la universidad de fines del siglo XVIII y principios del XIX. La Universidad de Valencia y su aula de mecánica y física experimental», *Llull* 6, pp. 165-189 (1983).

¹⁷ VICUÑA, CUMERSINDO, «Cultivo actual de las ciencias físico-matemáticas en España», discurso leído en la Universidad Central en el acto de la apertura del curso académico de 1875 a 1876 (Madrid, 1875), p. 25.

glo XIX al panorama esbozado por Vicuña 18. Como José Chaix (1766-1811), autor de obras como *Instrucciones de cálculo diferencial e integral, con sus aplicaciones principales a las matemáticas puras y mixtas* (1801) Y *Memoria sobre un nuevo método general para transformar en series las funciones trascendentes, precedido de otro método particular para las funciones logarítmicas y exponenciales* (1807); Juan Justo Carcía (1752-1830), que produjo obras como *Elementos de aritmética y álgebra* (1799, con ediciones posteriores hasta 1822), o José Mariano Vallejo, a quien se deben textos como *Adiciones a la geometría de don Benito Bails* (1806), *Memoria sobre la curvatura de las líneas* (1807), *Tratado elemental de matemáticas* (1813) y *Compendio de matemáticas* (1819) 19.

Las Cortes de Cádiz elaboraron un plan general de Instrucción Pública, que completado se publicó en 1821, creando la Dirección de Estudios. En aquel plan se favorecían las ciencias, pero no llegó a llevarse a la práctica por los gastos que exigía (una de las características más acusadas del siglo XIX español es la proliferación —y frecuente fracaso— de planes de estudios universitarios). Con la reacción de 1823 se experimentó el año siguiente un retroceso en las ideas relativas a la educación superior científica. En 1836 se publicó otro plan que no llegó tampoco a practicarse, y las reformas iniciadas desde 1841 a 1845 cayeron con el cambio político de este último año. Fuera de la universidad la actividad (en matemáticas, puesto que en física poco se hizo) tuvo lugar preferentemente dentro de las enseñanzas relativas a la formación de ingenieros, militares, publicándose algún libro de álgebra y cálculo infinitesimal, como los redactados

18 A lo largo de este trabajo he procurado incidir más en líneas generales que en nombres propios concretos. Más datos en este último aspecto se pueden encontrar, por ejemplo, en el capítulo 12 («Matemáticas, astronomía, física y química») de VERNET GINES, JUAN, *Historia de la ciencia española* (Madrid, 1975).

19 CARMA, SANTIAGO, «Las matemáticas en España a principios del siglo XIX, don José Mariano Vallejo», *Revista de Occidente* 118, pp. 105-114 (1973); CUESTA DURAHÍ, NOHBEHTO, *El maestro Juan Justo García* (Salamanca, 1974); CARETA CAMAHERO, ERNESTO, «La matemática en la España del siglo XIX», *Actas XI Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias*, HORMIGÓN, M., ed. (Zaragoza, 1984), pp. 117-130; ARENZANA HERNÁNDEZ, VIGOR, «El rigor en los libros de texto de Geometría en los comienzos del siglo XIX. José Mariano Vallejo y las *Adiciones a la Geometría de don Benito Bails*», *Llull* 13, pp. 5-19 (1990); HERNÁN PÉREZ, CARLOS, y MEDRANO SÁNCHEZ, JAVIER, «José Mariano Vallejo: notas para una biografía científica», *Llull* 13, 427-446 (1990).

por los militares Carcía San Pedro, *Cálculo diferencia e integral* (1928), o José Odriozola, *Curso completo de matemática* (1829).

El año de 1845 es, efectivamente, importante porque fue entonces cuando se promulgó un nuevo plan (el Pidal), que creó una sección de ciencias físico-matemáticas dentro de la Facultad de Filosofía. A partir de aquel año, además, se estableció una nueva jerarquía de títulos académicos: bachiller, licenciado y doctor, título este último que solamente podía conferir la Universidad Central, en Madrid²⁰. Las primeras tesis doctorales se leerían pocos años después, pero todavía no se han estudiado los temas que los nuevos doctores en física y matemáticas escogieron para sus disertaciones. Santiago Carma ha ofrecido recientemente algunos datos acerca de los títulos de los breves discursos que pronunciaron los primeros doctores en matemáticas en sus investiduras²¹. Aunque no es seguro, es probable que esos títulos reflejen algo del espíritu «investigador» que animaba a aquellas personas. Veamos, por consiguiente, cuáles fueron: «Los progresos de la matemáticas entre los antiguos y el obtenido por los modernos» (Francisco Travesedo, 1855), «Sobre la importancia filosófica del cálculo de probabilidades» (Ambrosio Moya de la Torre, 1856), «Sobre el espíritu de generalidad y de análisis en las matemáticas» (Alejandro Bengoechea, 1857), «El estudio de las matemáticas es el más general y necesario como organizador de la inteligencia y auxiliar de las demás ciencias» (Acisclo Fernández Vallín, 1869), «Reflexiones sobre la enseñanza de las ciencias exactas» (Agustín Monreal, 1860), «Resumen histórico de los progresos de las matemáticas desde los tiempos más remotos hasta nuestros días» (Agustín Monreal, 1860), «Resumen histórico de los progresos de las matemáticas desde los tiempos más remotos hasta nuestros días» (Francisco Vallespinosa y Bustos, 1861), «Resumen histórico de los progresos de las matemáticas» (José Antonio Elizalde, 1864), «De los eclipses» (Eulogio Ciménez Sánchez, 1865), «Naturaleza y aplicaciones del cálculo infinitesimal» (Dionisio Corroño, 1866) y con el mismo título que el anterior, Emilio Ruiz de Salazar y Urategi. Es evidente que se trata de reflexiones sin ningún tipo de originalidad des-

²⁰ La Universidad de Alcalá había sido trasladada a Madrid en 1836.

²¹ CARMA, SANTIAGO, «Las matemáticas en España en la primera mitad del siglo XX» en *Actas XII Jornadas luso-españolas de Matemática*, vol. VI (Universidad de Evora, 1990), pp. 3-65; p. 7.

de el punto de vista de la investigación matemática, peroratas en las que primaban las preocupaciones de tipo filosófico.

Antes de continuar con este vertiginoso repaso del siglo XIX es preciso mencionar otro aspecto que hasta ahora no he señalado, pero que es también importante a la hora de entender las aportaciones de los científicos españoles de aquella época. Se trata de lo difícil que era, en la políticamente convulsionada España del ochocientos, para aquellos atraídos por la ciencia el proseguir una carrera profesional. (Evidentemente, las ya citadas carencias industriales están también estrechamente relacionadas con tal inestabilidad política.) Para apreciar la incidencia en las ciencias físico-matemáticas de este aspecto de la vida de la España del XIX nada mejor que repasar la biografía de uno de los primeros matemáticos (y doctores) españoles del siglo XIX: Francisco Travesedo y Melgares, nacido en 1786²².

Después de estudiar ciencias y letras, Travesedo ganó en 1805, por oposición, una cátedra de matemáticas para la Real Casa de Caballeros Pajes, no siendo admitido, sin embargo, debido a su juventud²³. Ingresó entonces en la recién creada (1802) Escuela de Caminos y Canales, de la que salió para luchar en la Guerra de la Independencia. Una de las consecuencias de la guerra fue la desaparición de la Escuela de Caminos, que hasta entonces había producido únicamente once titulados²⁴, no funcionando tampoco, o muy poco, otras escuelas, academias, seminarios y universidades (la política seguida por Fernando VII también contribuyó a esta situación), por lo que nuestro matemático tuvo que dedicarse a partir de 1812 a impartir clases particulares. En 1818 volvió a repetir la oposición a la cátedra de la Real Casa de Caballeros, ganándola de nuevo; en esta ocasión ya pudo desempeñar el empleo. Al reconstruirse, en 1821, el Cuerpo de Ingenieros de Caminos, fue nombrado ingeniero profesor de la Escuela con plaza en propiedad, pero dos años después Fernando VII volvía a disolver el Cuerpo y la Escuela, perdiendo Trave-

²² Los datos que siguen están tomados de GARMA, SANTIAGO, «Cultura matemática en la España de los siglos XVIII y XIX», en *Ciencia y sociedad en España: de la Ilustración a la Guerra Civil*, SÁNCHEZ RON, JOSÉ M., ed. (Madrid, 1988), pp. 93-127.

²³ La Real Casa de Caballeros Pajes era un colegio real de carácter elitista, que preparaba a jóvenes para el servicio al rey en actos públicos y que con el paso del tiempo, y tras abandonar la condición de pajes, les permitía acceder a la carrera militar, funcional e, incluso, eclesiástica.

²⁴ SÁENZ RIDRUEJO, FERNANDO, *Ingenieros de Caminos del siglo XIX* (Madrid, 1990), p. 3.

sedo su empleo. En 1835 consiguió una cátedra de matemáticas en el Instituto San Isidro, que dirigiría dos años más tarde, y en 1845 fue nombrado catedrático de cálculo sublime en la Facultad de Filosofía, pasando a ocupar la de término en 1847. Ese mismo año, al crearse la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, fue designado miembro fundador, 10 que da idea de cómo era considerado.

Es obvio que vidas como éstas no favorecían la investigación, una actividad que requiere tiempo y, en casi todos los casos, unas mínimas condiciones de seguridad.

En 1857 se daba un paso adelante importante en la enseñanza universitaria de las ciencias físico-químico-matemáticas, al establecerse, con la Ley Moyano, las Facultades de Ciencias divididas en tres secciones (físico-matemáticas, químicas y naturales) y separadas de la Facultad de Filosofía. Sin embargo, la reforma no se llevó a la práctica por igual en toda España: únicamente en Madrid se estableció una Facultad de Ciencias completa; en Barcelona, Granada, Santiago, Valencia y Valladolid sólo podía seguirse inicialmente hasta el grado de bachiller (la dotación correspondiente a la Universidad de Sevilla pasó a la Facultad de Medicina de Cádiz, pudiéndose cursar en ella el bachillerato de ciencias). De hecho, de los 43 catedráticos numerarios y 12 supernumerarios de Facultades de Ciencias que recogía la *Gaceta de Madrid* en 1860, 19 Y seis, respectivamente, lo eran en la Universidad Central; cuatro y uno en las de Barcelona, Granada, Santiago, Sevilla, Valencia y Valladolid 25. Estos datos reflejan de hecho una característica de las ciencias académicas de la España del siglo XIX: fue en Madrid en donde más oportunidades se tuvieron para ser cultivadas, aunque sólo fuera porque era allí en donde más puestos de trabajo de nivel -académico-- más alto existían (insistamos, además, en que era en la capital en el único lugar en el que se podían seguir los estudios de doctorado) 26. Dada la centralización administrativa reinante en España en la época, era muy difícil, por no decir imposible, que se pudiese generar una dinámica académica de promoción de nuevas disciplinas y competencia por el pro-

²⁵ Ver MORENO, ANTONIO, *Una ciencia en cuarentena*, cuadro de la p. 352.

²⁶ En este punto es interesante recordar las siguientes palabras de Juan Vernet: «La política científica del siglo XIX se caracteriza, cualquiera que sea el partido que gobierne -servil, moderado, progresista- por sus tendencias centralistas y uniformadoras, recogiendo así la ideología de los Gobiernos ilustrados. Esta es la única directriz constante.» *Historia de la ciencia española*, pp. 213-214.

fesorado como la que se dio en las 21 Universidades alemanas del mismo siglo, que dependían fuertemente de los distintos estados.

y puesto que he mencionado el número de catedráticos existentes en las Facultades de Ciencias españolas en 1860, es bueno comparar esta cifra con las de las restantes facultades en la misma fecha, con lo que se puede obtener un índice, indirecto, cierto es 27, de la importancia relativa de las distintas carreras: filosofía y letras contaba con 54 catedráticos numerarios y 13 supernumerarios; medicina, con 85 y 28; farmacia, con 22 y 5; derecho, 86 y 25, Y teología, 32 y 7.

5. Madrid, las ciencias físico-matemáticas y el resto de España

Hace un instante me he referido a la Universidad de Madrid, comparándola con las de otras provincias y señalando que en la capital se tenían más facilidades para practicar y desarrollar las ciencias físico-matemáticas. Quiero hacer hincapié que estos comentarios no se deben entender, por supuesto, en el sentido de que nada hubo fuera de Madrid. Ni siquiera en los difíciles tiempos de mediados de siglo. Es posible ofrecer diversos ejemplos en este sentido, aunque todavía es mucho lo que hay que estudiar. Así, en Cádiz, en 1848, se fundó un *Periódico Mensual de Ciencias Matemáticas y Físicas*, dirigido por José Sánchez Cerquero, brigadier de la Armada que acababa de dejar, al jubilarse, el puesto de director del Observatorio Astronómico de San Fernando y que fue nombrado académico al crearse la Academia de Ciencias de Madrid ²⁸. Esta revista tuvo, sin embargo, una

²⁷ Habría que tomar en cuenta datos como número de secciones, asignaturas, etc.

²⁸ Esta publicación ha sido estudiada por AUSEJO MARTINEZ, ELENA, y JJORMIGÓN BLÁZQUEZ, MARIANO, «Noticia del *Periódico Mensual de Ciencias Matemáticas y Físicas* (Cádiz, 1848)», *Actas deL II! Congreso de La Sociedad Española de Historia de Las Ciencias* (Zaragoza, 1986), pp. 35-49. Puesto que ha salido el Observatorio de Cádiz, es conveniente señalar que en él se realizaron actividades relacionadas con las matemáticas y con disciplinas físicas, como la astronomía y cronometría, aunque, como es natural, orientadas a la náutica. Sin embargo, en mi exposición estoy considerando, salvo apuntes ocasionales, a la astronomía —especialmente tal y como se utilizó en observatorios como el de San Fernando, como distinta de la física propiamente dicha, motivo por el cual apenas la considero—. Sería diferente si hubiesen primado los intereses astrofísicos y no los astronómicos, o si me tuviese que ocupar del siglo XVIII. Sobre el Observatorio de Cádiz, consultar LAFUENTE, ANTONIO, y SELLÉS, MANUEL, *El Observatorio de Cádiz (1753-1831)* (Madrid, 1988).

vida efímera: seis meses y números, totalizando 192 páginas, 11 trabajos (nueve de matemáticas y dos de física) con pretensiones de algún tipo de originalidad, de los cuales seis se debieron al propio Sánchez Cerquero. La desaparición del *Periódico* se debió a que, al no conseguirse suficientes suscripciones (lo que ya sugiere algo acerca de la implantación de las ciencias físico-matemáticas en España a mediados de siglo), constituía una onerosa carga para su director. Los suscriptores fueron, efectivamente, únicamente 28; pero es interesante observar que entre los institucionales figuraban la Escuela de Estado Mayor de Madrid, la Biblioteca del Colegio de Artillería de Segovia, el Colegio Naval Militar de San Fernando, el comisario de la fábrica de armas blancas y el bibliotecario del Colegio General Militar de Toledo, el comandante del vapor de guerra «Isabel II», de Cádiz, los Observatorios de San Fernando y Madrid y la Academia de Nobles Artes de Cádiz. Las instituciones de índole militar predominaban, por consiguiente²⁹, un dato que se ajusta muy bien a lo que diversos autores han apuntado: que matemáticas y enseñanza militar estuvieron fuertemente vinculadas en España durante una buena parte del ochocientos³⁰.

Volviendo a la cuestión de capital *versus* provincias, se tiene que según se avanza en el siglo XIX más fácil es encontrar ejemplos de actividades en física y matemáticas fuera de Madrid. En lo que resta de artículo nos encontraremos con algunas muestras, pero de todas maneras es natural que en una exposición limitada y concentrada como la presente se preste más atención al lugar más importante, y ese fue, sin duda, Madrid.

²⁹ Un esquema que se repite también en lo que a suscripciones individuales se refiere. (El único suscriptor destacado desde el punto de vista de la ciencia fue Juan de Cortázar.)

³⁰ Para algunos datos acerca de las matemáticas y las escuelas militares ver VELAMAZÁN, MARÍA ANGELES, «L'enseignement des mathématiques dans les Ecoles militaires en Espagne au XIX^eme siècle», en *Science and society in contemporary Spain*, AUSEJO, E., ed. (Zaragoza, 1990), pp. 23-37.

6. Facilidades para la enseñanza experimental

Uno de los frutos más notorios del proceso de institucionalización de la física que tuvo lugar a lo largo del siglo XIX fue el de la sustancial mejora de los gabinetes y laboratorios de física. De hecho, es difícil pensar que en la física hubiera llegado a desarrollarse con la intensidad en que lo hizo en naciones como Alemania o Gran Bretaña sin el apoyo de las facilidades experimentales. En este sentido, cuando se considera el estado de la física en España durante el siglo XIX es imprescindible abordar la cuestión de los laboratorios existentes. Lo haré en esta sección para completar de esta manera los comentarios anteriores relativos a los progresos que estaban teniendo lugar en la organización de matemática y física dentro de las Universidades.

Desgraciadamente la unanimidad en este tema es abrumadora. He aquí lo que, refiriéndose a 1845, escribía en 1855 el bien informado Gil de Zárate, antiguo director general de Instrucción Pública³¹:

Aunque menos había que buscar en tales establecimientos [las Universidades] esa riqueza de aparatos y colecciones que forma el ornato de las escuelas donde se tributa culto a las ciencias de observación. Despreciadas estas ciencias, o más bien proscritas, ni aun como objetos de mera curiosidad eran buscados por aquellos a quienes bastaba para enseñar el púlpito y los bancos que con poca seguridad sustentaban a discípulos y maestros. Si en alguna parte se encontraba un imán tosco y mal montado, una antigua máquina neumática inservible u otra eléctrica sin disco, hallábase arrinconado tan inútil aparato como trasto viejo y despreciable. Sólo alguna que otra Universidad, en los últimos años, y merced al celo de jóvenes rectores, había empezado a adquirir los instrumentos más precisos; pero la mayor parte ni rastro tenían de ellos, y en ninguna había que pedir gabinetes regulares de física, laboratorios, ni menos colecciones de historia natural.

En realidad se efectuaron algunos intentos para remediar semejante situación, dotando a las cátedras de física y química de las Facultades de Filosofía, Medicina y Farmacia de facilidades experimentales. Se nombró una comisión que redactó una Memoria, donde se especificaba el número y condición de los instrumentos que se debían

³¹ GIL DE ZÁRATE, ANTONIO, *De la Instrucción Pública en España*, tomo II, p. 318.

adquirir, cifrándose la inversión necesaria en 621.028 reales ³². Con estos antecedentes, Gil de Zárate, acompañado por el profesor de física Juan Chavarri, se trasladaron en 1845 a París, donde, asesorados por el famoso químico menorquín Mateo Orfila, a la sazón decano de la Facultad de Medicina de la Borbona, recorrieron los establecimientos de instrumentos científicos más renombrados, adquiriendo material por valor de 45.000 duros, material que quedó distribuido en 11 gabinetes de física ³³.

Esta iniciativa no tuvo, sin embargo, continuidad. A pesar de que las exigencias de la ciencia (de la física en especial) iban creciendo, de que el número de enseñanzas experimentales aumentaba en virtud de sucesivas reformas y de que el material científico adquirido en 1845 exigía ser renovado, en los presupuestos del Estado no se incluía ningún apartado para estos fines. Así, en 1875 Gumersindo Vicuña se expresaba en términos parecidos a como 10 había hecho Gil de Zárate veinte años antes ³⁴:

Los medios materiales para la enseñanza de las ciencias en las universidades son pocos y malos, y antes de entrar en este punto conviene decir que escasean con frecuencia locales bien dispuestos... Pero donde se nota más este punto es en la enseñanza de la física..., sobre todo el olvido de la experimentación [es la causa] del gran atraso en que se halla el cultivo de la física en España, comparado con el de otras ciencias... La experimentación está reducida a aparatos sencillísimos, que la mayor parte se muestran tan sólo a los alumnos, si es que no están desvencijados y rotos. Instrumentos delicados y de precio, artefactos destinados a probar relaciones naturales complejas, no existen en nuestros gabinetes, o si hay alguno se maneja pocas veces. jamás los alumnos hacen con ellos lo que tan fructuosamente realizan en nuestros laboratorios químicos, que es ejecutar por sí mismos los experimentos un día y otro, investigar con sus propias fuerzas y valiéndose de estos auxiliares, consagrar, en fin, a las experimentaciones físicas lo que ellas exigen.

Las necesidades llegaron a ser tan apremiantes y evidentes que en 1877 el Ministerio dictó una disposición creando unos derechos

³² En Madrid, un catedrático de universidad de los primeros puestos del escalafón podía llegar a tener un sueldo de 30.000 reales.

³³ Ver «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 llevo al extranjero para adquirir máquinas y útiles necesarios en las universidades», *Boletín Oficial de Instrucción Pública IX*, año VIII, núm. 5 (1847).

³⁴ *El cultivo actual de las ciencias físico-matemáticas en España*, pp. 37-39.

académicos que los alumnos abonaban al hacer la matrícula, y cuya cantidad, administrada por los claustros, servía, o mejor, debería servir, para adquirir instrumental. Esta innovación duró unos cuatro años, al cabo de los cuales el Estado se incautó de estos derechos para atender al aumento que en el presupuesto de Instrucción Pública había originado la reforma del escalafón de catedráticos. Cierto es que se incluyó, como compensación, una partida fija de los presupuestos, pero, como señalaba en el discurso de apertura del curso 1917-1918 el catedrático de la Universidad de Valencia, Juan Antonio Izquierdo Gómez, tal partida era «de una cuantía verdaderamente vergonzosa y ... se ha conservado hasta el correspondiente [presupuesto] al año 1915, que es el vigente hoy, en los que aparece involucrada con el correspondiente al sostenimiento y conservación del edificio de la Universidad, que equivale a decir que ha desaparecido virtualmente de los presupuestos, ya que las también urgentes obras de conservación absorben generalmente toda la cantidad consignada»³⁵.

También en nuestro siglo, el eminente físico Blas Cabrera, durante su discurso de entrada en la Academia Española, recordaba en los siguientes términos la educación experimental en física que había recibido en Madrid a finales del siglo XIX³⁶:

Para ofrecer una imagen eficiente del pasado y el presente de la física española yo traigo a la memoria de aquellos entre vosotros que lo conocieron el barracón levantado en el patio viejo del convento de la Trinidad, sede del Ministerio de Fomento, donde se alojaba el único laboratorio de física de que disponía la Universidad Central. Mi generación fue la última que disfrutó de aquel humilde cobertizo y esta circunstancia nos permite medir todo el progreso que representa la posesión del instituto, con magníficas instalaciones, que donó a España el International Educational Board de Rockefeller Junior.

³⁵ IZQUIERDO GÓMEZ, JUAN ANTONIO, «De la enseñanza de la Física en la Facultad de Ciencias Químicas», *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza* 41, pp. 325-330, 363-367 (1917).

³⁶ CABRERA, BLAS, *Evolución de los conceptos físicos y lenguaje* (Madrid, 1936), p.12.

7. Matemáticas y Escuelas de Ingenieros

En las dos secciones precedentes me he estado refiriendo a las ciencias físico-matemáticas con relación a las facultades universitarias; ahora bien, cuando se analiza la historia de una de estas ciencias, la matemática, en la España del siglo XIX es necesario considerar también las Escuelas de Ingenieros. Así, en el ya citado discurso de la Universidad Central, Vicuña señalaba (p. 58) que las escuelas especiales, en particular la de Ingenieros de Caminos y la de Minas, habían ejercido «una grandísima influencia [en el] cultivo de las ciencias en España». Ahora bien, distinguía entre la matemática («el inmenso vuelo que han hecho adquirir a la enseñanza privada de las matemáticas») y la física, que se enseñaba según programas que consideraba anticuados.

En el mismo sentido se expresaba en 1897 un alumno ilustre de la Escuela de Caminos, José Echegaray, que aunque sea más recordado en la actualidad por sus actividades como dramaturgo y político, fue uno de los mejores y más activos matemáticos de la España de la segunda mitad del siglo XIX³⁷:

En lo que va de siglo, grandes esfuerzos se han hecho en nuestra patria para salir [del] estado tan vergonzoso [en el que estaba la matemática en España]... En esta obra, que pudiéramos llamar de *regeneración matemática*, la Escuela de Caminos ha tenido una parte importantísima.

Merced a su influjo, a la severidad de sus exámenes de ingreso y a la preferencia que siempre dio a los estudios matemáticos puros, formóse en pocos años un profesorado libre de matemáticas elementales.

De hecho, los reformadores de 1857 debieron ser conscientes que la matemática se estaba afincando en alojamientos hasta cierto puntos no naturales para ella, y así en los reglamentos y programas publicados en 1858 para poner en marcha la Ley Moyano, se exigía (art. 76) que los alumnos de las escuelas técnicas siguiesen en la Facultad de Ciencias varios cursos de matemáticas, entre ellos los de

³⁷ ECHEGARAY, J., «La Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y las ciencias matemáticas», *Revista de Obras Públicas* 44, tomo 1, p. 2 (1897). Sobre Echegaray como científico, ver SÁNCHEZ RON, JOSÉ MANUEL, «José Echegaray: matemático y físico-matemático», en *Echegaray*, SÁNCHEZ RON, J. M., ed. (Madrid, 1990), pp. 11-128.

complemento de álgebra, geometría, trigonometría rectilínea y esférica y geometría analítica. Sin embargo, en la práctica estos Decretos no llegaron a implementarse. En 1866, cuando el ministro de Fomento, Manuel de Orovio, redujo a dos las secciones de la Facultad de Ciencias (físico-matemáticas y químicas y naturales) se resucitaron las mismas ideas, para intentar «dar vida a las Facultades de Ciencias». Los ingenieros, no obstante, manifestaron su oposición. En la *Revista de Obras Públicas*, y de manera anónima, Echegaray argumentaba que las enseñanzas de facultades y escuelas especiales eran «radicalmente distintas» y que lo que iba a ocurrir era que la Facultad de Ciencias no sería «casi otra cosa que la *preparación por el Estado* para el ingreso en las Escuelas de Minas, Montes, Ingenieros Industriales, Arquitectos y Caminos; de suerte que de hoy en adelante enseñará la Facultad de Ciencias las materias que ayer enseñaban los profesores particulares y algunas otras asignaturas, pero bien pocas»³⁸. En realidad, este planteamiento era parcial, puesto que si bien es cierto que una matemática más avanzada y pura podría haber encontrado obstáculos en semejante asociación con las escuelas especiales, la matemática española no se encontraba todavía en tal estadio de desarrollo, y así, el que se continuaran ofreciendo las enseñanzas matemáticas puras en las respectivas escuelas y todavía con más frecuencia en escuelas privadas, redundó en perjuicio de las Facultades de Ciencias³⁹.

Al margen de otras consideraciones, la importante componente matemática en la enseñanza ofrecida en la Escuela de Caminos madrileña es una manifestación del hecho de que en las escuelas especiales de ingeniería españolas de la segunda mitad del siglo XIX la influencia predominante era la de las escuelas técnicas francesas, especialmente la *Ecole Centrale des Arts et Manufactures* y la *Ecole Polytechnique*. De hecho, la influencia francesa se mostró asimismo en los libros de texto utilizados. Recurramos de nuevo a Echegaray, quien en sus memorias señaló al respecto 40: «por casualidad estu-

³⁸ «Sobre la reforma de la Facultad de Ciencias y de las escuelas especiales», *Revista de Obras Públicas* 14, pp. 261-265 (1866).

³⁹ Ver en este sentido los comentarios de JIMÉNEZ RUEDA, CECILIO, en «Enseignement de la Céométrie métrique à la Faculté des Sciences», *L'enseignement des mathématiques en Espagne. Memoires présentés au Congres de Cambridge*, JIMÉNEZ RUEDA, C., ed. (Madrid, 1912), pp. 21-49; 21-23.

⁴⁰ ECHEGARAY, JOSÉ, *Recuerdos*, tomo 11, p. 74.

diábamos alguna Memoria en inglés, o alguna del alemán traducido al francés, y esto en los últimos años... El francés, y siempre el francés, y autores franceses dominaban en la Escuela de Caminos». En cuanto a algunos nombres: «la *Geometría* de Vincent, el *Algebra* de Bourdon, la *Analítica* de Biot, la *Geometría analítica de tres dimensiones* de Leroy; éstos en la preparación. Y luego, dentro de la escuela, siempre obras francesas, no las traducidas, sino las originales; por ejemplo: los *Cálculos* de Navier y Duhamel, la *Mecánica* de Poisson, la *Descriptiva* de Leroy, el *Corte de piedras* de Adhémar, la *Mecánica aplicada* de Poncelet, la *Conducción de aguas* de Dupuit».

Si nos atenemos a la parte matemática de esta educación, hay que señalar que muy probablemente servía a los intereses de una enseñanza que pretendía formar ingenieros y no matemáticos, que contribuyesen a hacer avanzar a la matemática; en otras palabras, estos textos matemáticos franceses utilizados en la Escuela de Caminos no era, en general, y especialmente en los primeros tiempos, realmente obras modernas, propias del siglo XIX, hecho éste que ya señaló Julio Rey Pastor en su discurso inaugural en la sección 1.^a (Ciencias Matemáticas) del Congreso de Valladolid de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, cuando manifestaba, revisando la situación de la matemática en España a mediados del siglo pasado 41:

Comienza por entonces la importación de obras francesas: los libros de Ciroddle, el *ALgebra* de Lefebure de Fourcy, la de Bourdon, la *Geometría* de Vincent, el *Cálculo* de Navier, el de Counot..., obras anodinas todas, incapaces de inspirar amor a esta ciencia en un país que nace a ella. Si alguna obra original existe entre los libros importados, como los *ELementos* de Legendre, es del siglo XVIII, y todas, sin excepción, entran de lleno en esa centuria, si nos atenemos a su contenido, aunque lleven fecha posterior.

Estas eran las fuentes en que bebían nuestros antepasados, cuando Gauss, Abel y Cauchy habían renovado todo el Análisis; y habían nacido las geometrías no euclidianas; y la geometría proyectiva había llegado con Staudt a completa madurez; y Riemann había creado la moderna teoría de funciones; en una palabra, cuando ya había nacido, no solamente toda la matemática que conocemos actualmente, sino muchas otras teorías.

Por lo que sabemos, la influencia francesa en la enseñanza de la matemática en España no se limitó a las Escuelas de Ingeniería, pe-

41 REY PASTOR, JULIO, «Discurso inaugural», *Actas V Congreso de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*, tomo 1, pp. 7-25 (Madrid, 1915); p. 14.

netrando en otros muchos ámbitos. Así ocurre, por ejemplo, con varios textos matemáticos de S. Lacroix, en especial los cuatro tomos de su *Curso completo elemental de matemáticas puras*, que traducidos al castellano (se publicaron ediciones entre 1808 y 1846), se utilizaron en diversos centros, como facultades universitarias, la Real Casa de Caballeros Pajes o el Real Consejo General Militar 42.

8. El papel de los ingenieros en la ciencia española del siglo XIX

La sección anterior da pie, obviamente, a considerar la cuestión del papel desempeñado por los ingenieros en las ciencias físico-matemáticas en España durante el siglo XIX. En la historia de la matemática y la física españolas del siglo XIX y primera mitad del XX es frecuente encontrarse con personajes que, por lo menos, tuvieron el título de ingeniero, como Juan de Cortázar, Travesedo, Echegaray, Vicuña, Francisco de Paula Rojas, José María de Madariaga, Esteban Terradas o Pedro Puig Adam. Pero el utilizar ejemplos para argumentar en un sentido u otro siempre es peligroso; es preferible intentar emplear algún tipo de índice cuantitativo. Uno posible es el del número de ingenieros que eran miembros de la Academia de Ciencias.

Al crearse la academia en 1847 se nombraron para la sección de Ciencias Exactas a los siguientes individuos: Fernando Carda San Pedro (coronel de ingenieros), Agustín Valera (teniente coronel de Artillería), José Carda Otero (inspector general de Caminos, Canales y Puertos), José de Odriozola (coronel de Artillería), Juan Subercase (inspector del Cuerpo de Ingenieros de Caminos), Pedro Miranda (antiguo director general de Caminos), Celestino de Piélago (coronel del Cuerpo de Ingenieros), Francisco Travesedo (catedrático de Cálculo Sublime y también, como vimos, ingenieros de Caminos), Cerónimo del Campo (ingeniero jefe de primera clase de Caminos), José Sánchez Cerquero (brigadier de la Armada) y Antonio Terrero (brigadier del Estado Mayor del Ejército). Como vemos, militares e ingenieros de Caminos dominaban la sección.

42 Ver VEA MUNIESA, FERNANDO, «Lacroix y la enseñanza de las matemáticas: su influencia en España», en *Actas del V Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, Valera, M., y López Fernández, eds., tomo In (Murcia, 1991), pp. 1547-1561.

En 1866, por poner otro ejemplo, de las 36 medallas de la corporación II estaban asignadas a ingeniería, dos a astrónomos, dos a físicos, encontrándonos, además, con un, respectivamente, arquitecto, profesor de agronomía, catedrático de matemáticas, catedrático de fitografía y de geografía botánica, catedrático de química y un personaje polifacético, Vicente Vázquez Queipo. De todos éstos, los únicos con alguna eminencia en ciencias físico-matemáticas eran: Juan de Cortázar, catedrático de complementos de álgebra y de geometría analítica; José Echegaray, profesor de la Escuela de Caminos; Venancio González Valledor, catedrático de física; Antonio Aguilar Vela, catedrático de astronomía y director durante muchos años del Observatorio Astronómico, y Manuel Rico Sinobas, catedrático de física superior (todas las cátedras eran, naturalmente, de la Universidad Central; los residentes fuera de Madrid sólo podían llegar a ser académicos correspondientes). Se puede decir, por consiguiente, que los ingenieros eran una fuerza importante dentro de la ciencia nacional.

El que ingenieros de Caminos figuren (al menos en lo que a reconocimiento institucional se refiere) entre los principales matemáticos españoles del siglo XIX (especialmente de los tres primeros cuartos de siglo) no quiere decir que su producción no comparta características que he señalado con anterioridad. El caso de Echegaray es, de nuevo, ilustrativo. Cuando se repasa su obra matemática se encuentra que la mayor parte responde a motivos pedagógicos, no al propósito de introducir nuevas ideas matemáticas de carácter avanzado (algo que, por otra parte, también hizo; piénsese en su *Resolución de ecuaciones y teoría de Galois* [1897, 1898, 1902]). Libros como *Cálculo de variaciones* (1858), *Problemas de Geometría. Primera parte: Problemas de Geometría Plana* (1865), *Problemas de Geometría Analítica. Primera parte: Analítica de dos dimensiones* (1865) o *Memoria sobre la teoría de las determinantes* (1868) son buenos ejemplos en este sentido. Estaban diseñados, fundamentalmente, como ayudas al estudiante.

9. De la geometría analítica a la geometría superior

Esbozar siquiera los temas matemáticos que cultivaron los matemáticos españoles del ochocientos sería una tarea demasiado compleja y, además, cercana a lo puramente enumerativo. Es preferible se-

ñalar los campos que se cultivaron con mayor asiduidad, y en este sentido hay que decir que la geometría analítica fue bastante estudiada en España durante el siglo pasado. El que así fuera se debió, en mi opinión, precisamente a sus evidentes aplicaciones prácticas. Entre los que publicaron obras sobre este tema se encuentran el ingeniero de Puentes y Calzadas, Juan de Cortázar⁴³; Ignacio Sánchez Solís, sucesor de Cortázar en la Universidad de Madrid; José M. Elizalde, profesor de geometría descriptiva en la Universidad de Madrid; Santiago Mundi, profesor de la Universidad de Barcelona; José M.^a Villafañé, profesor de la Universidad Central y antes de la de Valencia, y Cecilio Jiménez Rueda, de la Universidad de Madrid (*Tratado de las formas geométricas de 1.^a y 2.^a categoría* [1898-1899J]).

Hacia la segunda mitad de la década de los sesenta la geometría analítica comenzó a verse acompañada por estudios geométricos de mayores pretensiones y modernidad. En 1866, en efecto, Echegaray comenzaba a publicar en la *Revista de los Progresos de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* una serie de artículos sobre la «geometría superior», que aparecerían en forma de libro al año siguiente bajo el título de *Introducción a la Geometría superior*. En esta obra Echegaray importaba a España el sistema geométrico de Michel Charles, que por aquellos años gozaba de gran popularidad en Francia y que constituiría más tarde el punto de partida para la «revolución geométrica»⁴⁴, operada en España por obra de Eduardo Torroja, quien a partir de 1884, y dentro de sus cursos en la Facultad de Ciencias de Madrid, introdujo en España la geometría proyectiva sintética de Christian von Staudt, a la que también contribuyeron, aunque con menos intensidad que Torroja y sus discípulos⁴⁵, Eulogio Giménez,

⁴³ De Cortázar escribió JIMÉNEZ RUEDA «Enseignement de la Géométrie métrique à la Faculté des Sciences», p. 27): «Las obras de J. de Cortázar, muy superiores a otras publicadas en el extranjero en la misma época, han servido a la educación matemática de más de una generación; su geometría y trigonometría fueron durante mucho tiempo el texto obligado de la enseñanza de la geometría elemental.» Cortázar también publicó textos sobre aritmética y álgebra.

⁴⁴ Así la denominó REY PASTOR, «Echegaray, científico», *España*, año II, núm. 87 (21 de septiembre de 1916), pp. 10-11.

⁴⁵ TORROJA, EDUARDO, *Tratado de la geometría de posición y sus aplicaciones a la geometría de la medida* (Madrid, 1899). Antes, en 1884, Torroja había publicado, dactilografiado, un volumen de *Resumen de lecciones de Geometría descriptiva explicada en la Universidad Central*. Entre los discípulos de Torroja hay que destacar a Miguel Vegas, profesor de la Universidad de Madrid, quien en 1894 publicó un *Tratado de Geometría analítica*. Sobre Torroja, ver VEGAS, MIGUEL, «M. Torroja et l'évo-

Zoel Carda de Caldeano, el activo y algo peculiar matemático de la Universidad de Zaragoza ⁴⁶. Incluso las geometrías no euclidianas encontraron algún seguidor: Ventura Reyes Prosper, catedrático de matemáticas de instituto, que en 1887 publicó un artículo, «Sur la geometrie non-euclidienne», en el *Mathematische Annalen* ⁴⁷.

Esta evolución de los intereses y trabajos geométricos realizados en España muestra el progreso que se estaba produciendo, ya que se estaba tocando uno de los campos de la matemática que más —y, finalmente, de manera más original— se desarrollaron durante el siglo XIX ⁴⁸. Habría que esperar al nuevo siglo para encontrar, con Julio Rey Pastor sobre todo, intereses tan marcados en nuevos campos de punta.

lution de la Céométrie en Espagne», *L'enseignement des mathématiques en Espagne. Memoires presentés au Congres de Cambridge*, pp. 5-19. Consultar también MILLÁN, ANA, «Los estudios de geometría superior en España en el siglo XIX», *Jlull* 14, pp. 117-186 (1991).

⁴⁶ CARCÍA DE CALDEANO, ZOEL, *Geometría general, I. Teoremas, problemas y métodos geométricos* (Zaragoza, 18(2)). *Geometría general, II. Sistematización de la Geometría* (Zaragoza, 1(86)). En lo que se refiere a Eulogio Ciménez, un hombre de ideas progresistas, que participó en las luchas de la revolución del 68, tenemos que entre 1878 y 1881 desarrolló un curso dedicado a la «Introducción a la Geometría sintética» (en la versión, especialmente, de Steiner, enriquecida con puntos de vista de Favaro) en la Institución Libre de Enseñanza (ver los artículos que con el mismo título que su curso publicó en los volúmenes I-V del *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*). Sobre Garda de Caldeano véase HORMIGÓN, MARIANO, *Problemas de historia de las Matemáticas en España (1870-1920)*. Zoel García de Caldeano, tesis doctoral (Universidad Autónoma de Madrid, 1(82)) y .Garda de Caldeano (1846-1924) y la modernización de la Geometría en España», *Dynamis* 3, 199-229 (1983).

⁴⁷ Reyes Prosper, nacido en 1863, es una curiosa mezcla del pasado con el futuro. Se doctoró en 1885 con una tesis sobre la clasificación de las aves de la Península Ibérica. Viajó a Alemania, en donde conoció a Klein y a Lindemann. Ocupó cátedras en diversos institutos (la primera de historia natural, las demás de matemáticas). Fracasó en sus intentos de conseguir una cátedra universitaria. Y publicó artículos (varios en revistas extranjeras), no libros.

⁴⁸ Este progreso también se puede apreciar a través de las iniciativas de creación de revistas: como *El Progreso Matemático* (1891-1986 y 1899-1900), de Garda de Caldeano; el *Archivo de Matemáticas Puras y Aplicadas* (1896-1987), del valenciano Luis G. Casco; *El Aspirante*, de Reyes Prosper (*árca* 18(5)), y la *Revista Trimestral de Matemáticas* (1901-1906), de José Rius y Casas (Zaragoza).

10. Física, una ciencia de una generación intermedia prolongada

Volvamos ahora a la física, de la que me ocupé muy por encima al referirme a las facilidades experimentales existentes en las Universidades. En cuanto a aportaciones con alguna pretensión, no hay duda de que la física fue por detrás de la matemática durante todo el siglo XIX (hay que esperar a la década de 1920 para que, con la Escuela de Blas Cabrera y su Laboratorio de Investigaciones Físicas de la Junta para Ampliación de Estudios, la situación comenzase a cambiar). Y apunté una de las razones que en mi opinión explican tal subdesarrollo: el atraso industrial español y la dependencia del extranjero en importaciones de carácter tecnológico. Una manifestación de este atraso se encuentra en el mercado de trabajo para físicos. De hecho, la escasez de puestos de trabajos afectó incluso a los ingenieros, más prestigiosos y capaces tecnológicamente que los licenciados de las Facultades de Ciencias. Vicuña también señaló este punto 49:

Las [escuelas especiales civiles], las más brillantes en un tiempo, aquellas a que concurría la flor de nuestra juventud, y cuyos rigurosos estudios produjeron ingenieros de tanto mérito, viven hoy lánguidamente, sin alumnos entre quienes escoger, sombra pálida y triste reflejo de su antiguo esplendor... Hoy, los alumnos que pasan al Cuerpo, tropiezan con excedencias o falta de ocupación, y tienen que ejercitar su actividad individual luchando con los ingenieros antiguos en nuestra aniquilada producción. Falta el porvenir, languidece la escuela.

y si esto era así para los ingenieros, ¿qué no ocurriría con los científicos? «[Los] licenciados y doctores [de las Facultades de Ciencias] sólo pueden aspirar a cátedras de instituto o facultad, modestamente retribuidas, y después de obtenerlas por una oposición con sus compañeros o con los mismos ingenieros, mientras que éstos reclutan su profesorado entre los que el Gobierno cree más aptos sin oposición ninguna. Si quieren entrar en la mayoría de las escuelas civiles de es-

⁴⁹ *Cultivo actual de las ciencias físico-matemáticas*, pp. 40-41. La propia biografía de Echegaray, que obtuvo el número 1 de su promoción en la Escuela de Caminos, da fe de la penuria en la que también se podían mover muchos ingenieros. Así, hacia finales de la década de 1850 intentó establecer una academia particular de matemáticas para obtener ingresos suplementarios.

tos ingenieros, o en las militares, no se les abona una sola asignatura de las que han aprobado, y hasta recientemente se ha visto que la Escuela de Ingenieros Militares ha admitido las ganadas en ciertas escuelas especiales y no las universitarias análogas, ni las de las Escuelas de Arquitectura e Ingenieros Industriales en las que sirven las enseñanzas Universitarias»⁵⁰.

El Instituto Geográfico constituye un buen ejemplo de la penuria laboral de los científicos españoles. Reclutaba su personal superior entre los cuerpos facultativos, militares y civiles, preferentemente entre los primeros, sin conceder un solo puesto a los doctores en ciencias exactas que habían cursado la astronomía y geodesia en que se supone se basaban los problemas centrales del instituto, mientras que los facultativos citados no han tenido que estudiar en sus escuelas ambas asignaturas con la extensión que se hacía en la universidad. Los doctores de ciencias solamente tenían la posibilidad de intentar acceder a las plazas inferiores del instituto mediante oposiciones.

Semejante panorama explica que las biografías (e intereses) de los físicos españoles del XIX no se pareciesen demasiado a las del investigador profesional que estaba floreciendo por entonces en otras naciones. De hecho, se puede decir que el modelo de las «generaciones intermedias» esbozado por José María López Piñero se debe retocar ligeramente en el caso de la física, prolongándolo hasta comienzos del siglo XX⁵¹. Veamos algunos ejemplos para ilustrar qué tipo de físico se encuentra en la España del siglo XIX.

El caso de Manuel Rico y Sinobas (1821-1898), doctor en ciencias físicas y en medicina, es ilustrativo del físico español de aquella época. Siendo catedrático de física de la Universidad de Valladolid preparó una Memoria sobre «Causas que producen las constantes sequías de las provincias de Murcia, Alicante y Almería», que fue premiada en 1851 en un concurso extraordinario convocado por la Real Academia de Ciencias (Echegaray recibió un *accésit* por su trabajo sobre el mismo tema). Más tarde Rico y Sinobas obtuvo la cátedra de física superior de la Universidad Central, siendo elegido para la Academia de Ciencias (sección Ciencias Físico-químicas) en 1856. Precisamente en la serie de *Memorias* de la Academia publicó Rico y

⁵⁰ VICUÑA, G., *ibíd.*

⁵¹ LÓPEZ PIÑERO, JOSÉ M.^a, «Introducción histórica» a González BLasco, Pedro y Jiménez BLanco, José, *Historia y sociología de la ciencia en España* (Madrid, 1979), cap. 3.

Sinobas los siguientes trabajos: «Estudio del huracán que pasó sobre una parte de la Península española el día 29 de octubre de 1841» (1855), «Noticia de las auroras boreales observadas en España durante el siglo XVIII y parte del XIX» (1855), «Primera serie de observaciones actinométricas verificadas en Madrid desde el solsticio de invierno de 1854 hasta el verano de 1855» (1859) y «Fenómenos de la electricidad atmosférica» (su discurso de entrada en la Academia, 1859). También publicó un *Resumen de los trabajos meteorológicos correspondientes al año 18.54 verificados en el Observatorio Astronómico de Madrid* (Madrid, 1857) y un *Manual de física y elementos de química* (Madrid, 1856).

José María de Madariaga (1853-1898), ingeniero de Minas, es otro buen ejemplo. Perteneció, como profesor de electrotecnia, al claustro de la Escuela de Ingenieros de Minas (llegó a ser director de la Escuela y, asimismo, presidente del Consejo de Minería). A pesar de este *currículum*, Madariaga puede ser considerado también como un físico. Sus contemporáneos, desde luego, así lo pensaron, ya que fue elegido para una medalla de la sección de Ciencias Físico-químicas de la Academia de Ciencias (su discurso de entrada estuvo dedicado a «Reflexiones acerca de algunos fenómenos eléctricos y magnéticos y sus relaciones con la luz» y, además, llegó a ocupar la presidencia de la Sociedad Española de Física y Química). Sin entrar, no obstante, en la cuestión de cuánto tiempo le consumieron sus trabajos para la industria (fue, por ejemplo, ingeniero encargado de la fábrica de calcinación de minerales de las minas de Almadén), su carrera sigue esquemas que no debieron ser extraños en el mundo académico español. Son interesantes en este sentido los siguientes -generosos- comentarios de Francisco de Paula Rojas cuando contaba al discurso que Madariaga pronunció al entrar (en 1902) en la Academia:

Ha dado a luz pocos escritos, porque, fuera del tiempo empleado en su cátedra, el resto, en estos últimos diez o doce años, lo ha dedicado al estudio teórico y práctico de la electricidad. Trabajador infatigable, obrero investigador, consume el tiempo que le queda libre en su laboratorio eléctrico, luchando a brazo partido con la naturaleza... Allí ha repetido y estudiado, en la escala que le han permitido los menguados recursos experimentales de que ha dispuesto, todos los recientes descubrimientos de la ciencia de la electricidad: los rayos catódicos, los rayos Roentgen, las oscilaciones hertzianas.

Parece, sin embargo, difícil aceptar que Madariaga fuese, en estos dominios entonces tan en la frontera de la investigación física, algo más que un curioso, hábil e ilustrado, en el mejor de los casos, pero más un *amateur* que un investigador profesional, y ello en una época en donde ya eran éstos y no aquéllos los que dominaban la física. Además, y a pesar de lo señalado por Rojas, Madariaga también sabía publicar, lo que ocurre es que entonces sus escritos llevaban títulos como *Ensayo de una teoría elemental y cálculo de las bombas centrifugas*.

y puesto que acabo de mencionar publicaciones, veamos qué tipo de libros se publicaban en física. A falta de repertorios adecuados, una tarea todavía por analizar, se puede decir que a lo largo de todo el siglo XIX los libros de física publicados en España caían en una de las tres siguientes categorías: 1) libros de carácter general, de divulgación, traducidos de otros idiomas, como *El mundo físico*, de Amadeo Guillemin (5 vols., Montaner y Simon, Barcelona, 1882-1885), o debidos a autores nacionales, el caso de las *Teorías modernas de la Física. Unidad de las fuerzas materiales*, de Echegaray (Madrid, 1867, 1873, 1883, 1889), o *La materia radiante* (1880), en donde se reproducían unas conferencias pronunciadas por José Rodríguez Mourelo en el Ateneo de Madrid⁵². 2) Libros más avanzados, normalmente de texto, para utilizar en universidades y escuelas especiales⁵³. Son múltiples los ejemplos que se pueden ofrecer en este apartado: el *Programa de un curso elemental de física y nociones de química*, de los catedráticos de la Universidad Central Venancio Gonzá-

52 Este es otro tema que habría que abordar en una discusión más pormenorizada de la física en España durante el siglo XIX: el de las presentaciones en centros no universitarios ni técnicos. En el mencionado Ateneo madrileño, por ejemplo, dictaron cursos científicos como Echegaray («Resolución de las ecuaciones de grado superior y teoría de Calois», «Estudio de las funciones elípticas»), Ignacio Bolívar, Zoel Carda de Caldeano («La moderna organización de las matemáticas»), Santiago Ramón y Cajal, José Rodríguez Carracido, Eduardo Saavedra («Historia de las Matemáticas») y Luis Simarro.

53 Las asignaturas de física que se cursaban en las Facultades de Ciencias (dentro, por ejemplo, del plan de 1880) eran: Ampliación de física, Prácticas de ampliación de física, Mecánica racional, Cosmografía y física del globo, Física superior I y II, Prácticas de física superior, y en el doctorado, Astronomía teórico-práctica y Física matemática. La Ampliación de física era en realidad lo que ahora se denomina Física general, y la Física superior una ampliación de esta Física general en la que se trataba la termodinámica, la acústica y óptica y la electricidad y el magnetismo. Los programas no eran, por consiguiente, demasiado avanzados.

lez Valledor y Juan Chavarri. La primera parte de la tercera edición de esta obra (Madrid, 1854), la dedicada a la física, terminaba con una lección («Medios de producir magnetismo por medio de la electricidad y recíprocamente producir electricidad por medio del magnetismo»), en la que ni siquiera se mencionaba a Oersted, menos aún a Faraday; únicamente aparecía citado un tal Clark ⁵⁴. A pesar de que la conclusión del texto era razonable («no puede ya quedar género de duda respecto a la identidad de la electricidad y el magnetismo y a la que llegará un día que se establezca respecto de todos los fluidos imponderables» [p. 304]), las discusiones eran básicamente cualitativas. Se puede establecer también una especie de subapartado de esta segunda categoría, que formarían libros que podrían haber sido de texto, pero que, por lo que sé, no se utilizaron en tal sentido. Obras como el *Tratado elemental de Termodinámica* (1868) y la *Teoría matemática de la luz* (1871), de Echegaray, o la *Introducción a la teoría matemática de la electricidad* (1883), de Vicuña, podrían figurar en este apartado. En general, fueron pocas, menos que las correspondientes en matemáticas, y servían como introducciones a temas relativamente modernos, no demasiado avanzadas en sí mismas, pero sí cuando se las compara con los libros de texto que se estudiaban habitualmente ⁵⁵.

La tercera categoría comprende libros de física *aplicada*. Representativo de esta clase es el *Tratado de electrodinámica industrial*, de Francisco de Paula Rojas, académico de ciencias, ingeniero industrial, catedrático primero de la Escuela General Preparatoria de Ingenieros y Arquitectos y después de física y matemática de la Universidad Central. Este *Tratado* de tres tomos, que en 1910 veía su quinta edición (la segunda había aparecido en 1898), tenía como destinatarios a los «electricistas y no pocos aficionados a la electricidad práctica», incluso los ingenieros. En un país en el que la electrificación, incluyendo, muy en particular, el alumbrado, aumentaba rápidamente ⁵⁶, Rojas no descuidaba dedicar a estos temas atención preferente. Así, en el prólogo a la segunda edición se lee:

⁵⁴ Acaso Latimer Clark, un experto británico en telegrafía submarina.

⁵⁵ Más información referente a libros de texto de física utilizados o recomendados en las universidades se encuentran en MORENO CONZÁLEZ, *Una ciencia en cuarentena*.

⁵⁶ De todas maneras el efecto de la electrificación comenzó a ser realmente importante a finales de siglo. Entre 1898 y 1913 la producción de electricidad en Espa-

Entre las aplicaciones industriales de la electricidad es hoy la principal el *aLumbrado eLéctrico*. El capítulo destinado a esta aplicación será mucho más completo y extenso que el de la primera edición en razón a los muchos progresos realizados en esta vía durante estos últimos años. Además, la distribución de la energía eléctrica en las poblaciones promete dar gran impulso a las pequeñas industrias caseras, que utilizarán motores de menos de un caballo a un precio comparable con los motores de gas.

Consistente con tal propósito, el libro de Rojas abordaba todo tipo de temas, desde los contadores de energía eléctrica a las dinamos de corriente continua, pasando por las lámparas de incandescencia, aparatos «electro-balísticos», proyectores o teléfonos. En 10 que a la teoría electromagnética se refiere, los logros de la obra de Rojas eran bastante menores, ya que las ecuaciones de Maxwell brillan por su ausencia; únicamente se discute, desde un punto de vista muy elemental, la fórmula de inducción de Maxwell (cap. VII, vol. 2) ⁵⁷.

En la última década del siglo XIX comenzaron a observarse signos esperanzadores relativos al desarrollo de la física en España, en Madrid y en Barcelona especialmente. En esta última ciudad nos encontramos con un avance significativo en astronomía, todavía no realmente astrofísica, pero ya más libre de las preocupaciones eminentemente utilitarias que caracterizaban su estudio en observatorios como el de San Fernando. Tal avance vino de la mano de Joseph Comas Solà y Eduard Fontserè, así como de la Academia de Ciencias y Artes, con su observatorio. Asimismo, se deben mencionar los esfuerzos que en la física promovió Eduardo Lozano y su Sociedad Española Protectora de la Ciencia, fundada en 1893 ⁵⁸. Representativo de esta nueva época que se estaba, todavía tímidamente, abriendo es la celeridad con que se repitieron en Barcelona los experimentos de Röntgen sobre los rayos X y el eco público que encontraron. Por su parte,

ña se multiplicó por cinco, y se volvería a multiplicar por la misma cifra entre 1913 y 1929.

⁵⁷ La introducción en España de las teorías de Maxwell, que tanto marcaron la física del último tercio del siglo XIX, es un tema todavía por estudiar. En 1874 se publicó en una efímera *Revista de la Sociedad de Profesores de Ciencias* una traducción al castellano del artículo sobre «Moléculas» que Maxwell había preparado para la *Enciclopedia Birtánica*.

⁵⁸ Estos temas han sido estudiados por ROCA ROSELL, ANTONI, *La física en la Catalunya finisecular. El joven Fontserè y su época*, tesis doctoral (Universidad Autónoma de Madrid, 1990).

en Madrid se fundaban nuevos laboratorios de carácter técnico, pero en los que la física (la electricidad en especial) también encontraba acomodo: el laboratorio de Ingenieros Militares (1897), el taller de precisión, laboratorio y centro electromagnético de Artillería (1898), el Instituto Central Meteorológico (1887) Yel laboratorio central para ensayos de materiales de construcción de la Escuela de Ingenieros de Caminos (1898). En 1910 llegaría el turno de la física propiamente dicha con la creación del laboratorio de investigaciones físicas de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas. Pero ésa es otra historia.