

LAS MATEMATICAS EN LA INGENIERIA: LA OBRA DE REY PASTOR”

Guillermo Lusa Monforte
Universidad Politécnica de Barcelona

1. Las Matemáticas en la Ingeniería

Las escuelas de ingenieros se crean (o se re-crean) durante la fase de vertebración institucional que sigue a la muerte de Fernando VII, y que culmina, en el aspecto cultural y educativo, con la Ley Moyano de 1857: en 1834 se reabre la Escuela de Caminos (fundada por Betancourt en 1803), a la que siguen las Escuelas de Minas (1835), Montes (1846), Industriales (1850) y Agrícolas (1855). Los preámbulos de los Decretos fundacionales de estos centros reflejan bastante claramente lo que la burguesía en ascenso esperaba de los futuros titulados: “hay que crear escuelas para abrir nuevos caminos a la juventud ansiosa de enseñanza, dirigiéndola hacia las ciencias de aplicación y hacia las profesiones para las cuales hay que buscar en las naciones extranjeras personas que sepan ejercerlas con todo el lleno de conocimientos que exigen”¹. Se pretende que estas Escuelas Superiores “extiendan los conocimientos que sustituyen la ciencia a los procedimientos vulgares, y las aplicaciones más ingeniosas y las teorías más fecundas a las prácticas envejecidas de una ciega rutina, o a las jactanciosas pretensiones de un vano empirismo”².

Ya desde las primeras reflexiones que se hacen los responsables de las enseñanzas, los ingenieros y los políticos, se pone de manifiesto la existencia

1. Real Decreto fundacional de la Carrera de Ingenieros Industriales (4 de septiembre de 1850).
2. Real Decreto estableciendo el plan orgánico de las Escuelas Industriales (20 de marzo de 1855).

de una “dialéctica original”, cuyos elementos antitéticos se traducen en dos mandatos diferenciados que atañen al carácter de las enseñanzas:

a) potenciar la teoría, la ciencia, frente a la “ciega rutina” o al “vano empirismo”.

b) mantener el contacto fecundo con la técnica y la industria; evitar lucubraciones estériles, ya que “hay que formar los directores de fábricas y talleres, y los constructores mecánicos teórico-prácticos de instrumentos, modelos, máquinas y artefactos”³.

Esta tensión original está en la base del mantenimiento de una polémica constante acerca del *carácter de las Matemáticas en la Ingeniería*: cuáles y cuántas deben enseñarse, quién debe hacerlo (¿matemáticos o ingenieros?), con qué “estilo” (¿intuitivo, riguroso, recetario...?), etc.

Aún cuando las diversas Ingenierías constituyen un conjunto bastante heterogéneo, el estudio de los anuarios, boletines y revistas de las Asociaciones de Ingenieros nos permite efectuar una división fundamental, atendiendo al puesto de trabajo que van a ocupar los titulados:

a) Las Escuelas de Ingeniería Industrial (que producen más titulados que las demás) proporcionan mayoritariamente técnicos para las diversas ramas de la industria (mecánica, metalúrgica, eléctrica, textil...)

b) Las restantes Escuelas de Ingenieros (Caminos, Montes, Minas...) suministran titulados que en su inmensa mayoría se convertirán en técnicos y funcionarios al servicio de la Administración.

Las reflexiones y afirmaciones que se hacen en este trabajo se refieren fundamentalmente a la Ingeniería Industrial, aunque gran parte del análisis y de las conclusiones es también aplicable a las otras Ingenierías.

En otro lugar⁴ hemos analizado las contribuciones más significativas a esta polémica. Vamos ahora a resumir, muy esquemáticamente, los principales rasgos de cada una de las grandes fases en que se enmarca este proceso aún vivo:

1^{er} período: 1850-1902

a) Influencia predominante de las Escuelas Técnicas francesas, especialmente de l’Ecole Centrale des Arts et Manufactures, y de l’Ecole Polytechnique, que da lugar al acentuado carácter teórico de las enseñanzas. (Los *resultados* de la ciencia *se aplican* a la industria).

b) Los estudios de Ingeniería están interconectados con los de la Facultad de Ciencias, de tal modo que determinadas asignaturas de la carrera de

3. Real Decreto, título IV, artículo 16.

4. “Las Matemáticas y la Ingeniería Industrial 1850-1975”, Tesis Doctoral, Barcelona, 1975. Acerca de la polémica de las Matemáticas en la Ingeniería, véase las páginas 515 a 542.

ingeniero (por ejemplo, las Matemáticas) debían y/o podían ser cursadas en la Facultad.

c) Como consecuencia de lo anterior, la enseñanza de las Matemáticas está frecuentemente en manos de matemáticos profesionales, o de ingenieros que son simultáneamente licenciados o doctores en Matemáticas (Presas, Clariana, Sánchez Solís en Ingenieros Industriales; Echagaray, Torroja, Portuondo, Jiménez, Bosch, Merino, el militar Ollero en Ingenieros de Caminos).

d) Pluralidad de libros de texto, mayoritariamente importados de Francia... y no precisamente elegidos entre los mejores (Cirotte, Bourdon, Navier, Lefebure de Fourcy, Cournot...)⁵.

2º período: 1902-1957

a) Las Escuelas de Ingenieros se configuran según el modelo alemán⁶ (Technische Hochschulen de Karlsruhe, Munich, Dresde, Stuttgart...). Las escuelas técnicas se separan de la Universidad, y se convierten (o aspiran a convertirse) en centros especializados de investigación y de enseñanza. Las disciplinas técnicas no pueden enseñarse y estudiarse como las básicas teóricas (Matemáticas y Física), sino que requieren una teoría autónoma fuertemente cargada de técnica y de práctica.⁷

5. "...obras anodinas todas, incapaces de inspirar amor a esta ciencia en un país que nace a ella" J. Rey Pastor, "El progreso de España en las Ciencias y el progreso de las Ciencias en España", discurso inaugural del Congreso de Valladolid de la Asociación para el Progreso de las ciencias (1915). En la conferencia del Ateneo de Madrid (1915), titulada "Evolución de la Matemática en la Edad Contemporánea", insiste Rey Pastor: "...una de las causas de nuestro atraso matemático es el habernos inspirado durante la segunda mitad del siglo XIX y parte del actual, en los libros franceses de mediados del siglo último, con lo cual se han sumado dos atrasos: el de aquellos autores, más la diferencia de fechas, ¡qué distinta sería hoy nuestra cultura si hubiéramos sustituido, siquiera desde el año 80, los funestos libros de Duhamel, Sturm y Comberousse, por Jordan, Serret, Hermite y Houël, reemplazando éstos más tarde por Picard, Goursat y Vallée-Poussin!".
6. En el último tercio del siglo XIX, la hegemonía ya secular de Francia sobre las clases ilustradas españolas se ve turbada por la irrupción del nacionalismo alemán en ascenso. El desenlace de la guerra franco-prusiana, y la brillante presencia alemana en las Grandes Exposiciones Universales (empezando por la de París de 1867), junto con la consiguiente penetración de los productos alemanes (crecientemente detectable en las Revistas Técnicas y profesionales de la época) van creando un interés hacia las escuelas técnicas alemanas, que se materializa en el cambio de Plan de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona de 1902, y en la propia configuración de las nuevas Escuelas de Ingenieros Industriales de Bilbao (1899) y Madrid (1901).
7. Ferdinand Redtenbacher, profesor (1841) y director (1857) de la Escuela de Karlsruhe, representa paradigmáticamente este nuevo enfoque, expuesto en sus textos sobre construcción de máquinas. Véase una selección de sus puntos de vista fundamentales en Fiedrich Klemm "Technik, eine geschichte ihrer probleme" (Verlag Karl Arber, Freiburg, 1954). Hay versión española de F. Sánchez Dragó para Luis de Caralt, Barcelona, 1962.

b) Una parte importante del bagaje matemático de la carrera de Ingeniería (Aritmética, Álgebra, Geometría y Trigonometría) debe adquirirla el alumno por su cuenta antes de ingresar en la Escuela. El resto (Análisis matemático hasta las aplicaciones geométricas del Cálculo diferencial, y Cálculo integral y de variaciones) se cursa en el interior de la Escuela, a cargo de profesores ingenieros que simultanean habitualmente la docencia con el ejercicio de la profesión.

c) Los programas de Matemáticas están muy consolidados, y evolucionan muy lentamente (compárense los cuestionarios de Ingreso de 1907 y de 1945). Se tiende hacia el libro de texto único, que frecuentemente son “los apuntes del profesor” (por ejemplo, “Análisis matemático” de P. Castells, texto oficial de la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona entre 1905 y 1952).

d) Las Matemáticas hacen el “trabajo sucio” de selección a la entrada de la Escuela. Las colecciones de problemas de estos Ingresos nos muestran frecuentemente una Matemática deshilvanada, asistemática, casuística, retorcida...⁸.

e) Existen unas específicas “Matemáticas del Ingeniero”, cualitativamente distintas de las Matemáticas a secas. Para el ingeniero, la Matemática no es más que un útil de trabajo, ahorrador de tiempo y de pensamiento y, por consiguiente, la instrucción matemática debe limitarse a lo indispensable para la realización de aquella finalidad.⁹

3^{er} período: desde 1957

a) La Ley de Ordenación de las Enseñanzas Técnicas de 1957¹⁰ aproxima las Escuelas de Ingenieros a la Universidad. Se facilitan las convalidaciones de los estudios y el intercambio de los profesores. Aparece la figura del Doctorado en las Escuelas Técnicas Superiores.

8. Consúltese la colección de la revista “Euclides”, la revista “Matemática Elemental” del C.S.I.C., o las colecciones recopiladas por J.L. Mataix Plana. Véase, asimismo, la crítica de P. Puig Adam a las “deformaciones del Ingreso” en el prólogo a su Geometría Métrica (1947).
9. M. Gómez Castaño: “Bases para la reforma de la Enseñanza Técnica Superior”, en el “1^{er} Congreso Nacional de Ingeniería”. (Madrid, noviembre 1919).
10. La ley de Enseñanzas Técnicas de 1957 es una de las primeras consecuencias, en el campo de la educación, del viraje político del momento: el fin del “período autárquico” del franquismo viene señalado por la entrada en el Gobierno del llamado eufemísticamente “equipo tecnócrata” (compuesto por miembros de la asociación político-religiosa Opus Dei). La “nueva política”, que apunta a una mayor industrialización del país, supone, entre otras cosas, modernizar las enseñanzas técnicas y aumentar el número de graduados superiores. Véase Javier Crespán y Guillermo Lusa, “Informe comparativo entre los Planes de Estudio de Ingeniero Industrial de 1948 y 1957”, Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Catalunya, 1973.

b) Como consecuencia de la reforma del acceso se produce un incremento notable de alumnado, que implica cambios sustanciales en la planificación y organización de las enseñanzas.

Cada vez es más difícil simultanear el desempeño de la docencia y la organización de la misma con el ejercicio de la profesión en la ingeniería. Ello origina la aparición de un cada vez más numeroso grupo de profesores en régimen de dedicación exclusiva a la enseñanza e investigación, lo cual produce una enseñanza más rigurosa y más polivalente, al facilitarse un mayor contacto entre los profesores de los diversos departamentos.

En una primera fase este proceso de profesionalización en la enseñanza se produce especialmente en las asignaturas básicas (Matemáticas, Física, Química), lo cual acrecienta el distanciamiento entre los primeros cursos de la carrera (de carácter básico) y los últimos (de carácter tecnológico). Conforme se extiende esta profesionalización a las demás áreas (debido tanto a la crisis y al proceso de proletarización de la profesión de la Ingeniería como al adementamiento-relativo-de las condiciones de trabajo en la docencia), los profesores-investigadores de las asignaturas tecnológicas requieren (de sí mismos y de sus alumnos) conocimientos básicos más extensos y más profundos. Esto da lugar a un acercamiento interdepartamental que sólo puede producir beneficio.

c) Las irrupción de la llamada “Matemática moderna” en todos los escalones de la enseñanza (desde el parvulario hasta la universidad) produce un enorme desconcierto. Al no venir precedida ni de debates, ni de seminarios, ni de cursos de adaptación y reciclaje, la reforma por decreto se ve condenada al fracaso. No sólo no se alcanzan los objetivos teóricos deseados (descubrimiento de las estructuras, educación de las facultades de abstracción y de deducción, dominio de la lógica...), sino que se retrocede en las “áreas clásicas” (habilidad en el cálculo y en la resolución de problemas mecánicos...) y se consigue “ahogar la intuición”¹¹.

La insatisfacción ante este estado de cosas ha dado lugar, durante los últimos tiempos, a múltiples debates y seminarios que han desembocado en la apertura de nuevas vías de investigación y experimentación didácticas, y en el redescubrimiento de los viejos clásicos de la didáctica de las Matemáticas: Klein, Rey Pastor, Puig Adam...

d) Se crean Escuelas de Ingeniería por toda la geografía española. El profesorado de las asignaturas matemáticas se recluta mayoritariamente en las Facultades de Ciencias.

Es aún demasiado pronto para evaluar los resultados de esta entrega del testigo de los ingenieros a los matemáticos. Las situaciones son heterogéneas, y oscilan entre los esfuerzos de integración y de apertura hacia las dis-

11. ¡“quién supiera escribir un libro capaz de despertar el respeto al rigor sin ahogar la intuición!”. P. Puig Adam, prólogo a la “Geometría Métrica” (1947).

ciplinas tecnológicas que puede apreciarse en algunas Escuelas¹², y la actitud desenfadada y autónoma en terreno legítimamente conquistado (cátedra) que se advierte en otras.¹³

e) En las Escuelas anteriores a 1957 (Madrid, Barcelona, Bilbao) el crecimiento de los Departamentos de Matemáticas se efectúa de forma equilibrada, integrando a ingenieros y a matemáticos. Con la posterior configuración de las Universidades Politécnicas, el profesorado de las Escuelas de Ingenieros adquiere un “nuevo estilo universitario”, con todo lo que esto implica de positivo y de negativo. Se acentúa el carácter investigador, no sólo por la exigencia administrativa de poseer el título de Doctor para ejercer la docencia en los escalones superiores, sino porque el aumento de profesorado y el acceso a las plazas de dedicación exclusiva potencian la aparición de equipos estables de trabajo.

Pero esta entrada de las Escuelas en el mundo universitario trae también consigo la aparición de una tendencia disgregadora, la producida por el imperativo categórico “publicar o perecer”¹⁴. Aún cuando se reconoce que la actividad del profesor universitario debe tener un doble carácter (docente e investigador), la evaluación de su trabajo (y por lo tanto, su permanencia y/o su promoción) se basa exclusivamente en el análisis (casi siempre cuantitativo más que cualitativo) de sus publicaciones. Como consecuencia de esto, la mayor parte de los profesores se dedica al trabajo individual de autopromoción, en detrimento de otras actividades mucho menos lucidas y rentables, pero tal vez más interesantes para la institución, como por ejemplo la creación de Seminarios Interdepartamentales para el estudio de temas complejos interdisciplinarios, la coordinación entre Departamentos o la investigación didáctica y metodológica.

Algunos de nuestros más lúcidos pensadores (Ortega¹⁵ y Rey Pastor¹⁶,

12. En este sentido hay que destacar la labor ejemplar y pionera de los Departamentos de Matemáticas de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Zaragoza.
13. En el 1^{er} Encuentro de Departamentos de Matemáticas de Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (Vigo, septiembre 1982) al debatirse la necesidad de que los Departamentos de Matemáticas colaboraran en Seminarios conjuntos con otros Departamentos de las Escuelas, pudo escucharse a uno de los exponentes de esta tendencia “autonomista” decir: “Zapatero, a tus zapatos (...). Yo explico Matemáticas, luego, el ingeniero ya reprocesará la información”, que puede traducirse libremente por: “yo explico mis Matemáticas, luego el ingeniero que se apañe...”.
14. P. Piganol: “Los efectos de «publicar o perecer»”, Revista Impacto (UNESCO, 1971).
15. “Cualquier pelafustán que ha estado seis meses en un laboratorio o seminario alemán o norteamericano, cualquier sinsonte que ha hecho un descubrimientillo científico se repatría convertido en un “nuevo rico” de la ciencia, en un “parvenu” de la investigación, y sin pensar un cuarto de hora en la misión de la Universidad, propone las reformas más ridículas y pedantes. En cambio, es incapaz de reseñar su “asignatura”, porque ni siquiera conoce íntegra la disciplina” [...] “Uno de los males traídos por la confusión de ciencia y Universidad ha sido entregar las cátedras, según la manía del tiempo, a los investigadores, los cuales son casi siempre pésimos profesores que sienten la enseñanza como un robo de horas

por ejemplo) han tratado el problema del desequilibrio docencia-investigación, y de la cantidad de polvo y paja que hay que separar en los productos amparados bajo el epígrafe “Investigación”.

2. ¡Basta de Matemáticas!

Julio Rey Pastor (1888-1962) publica su primer trabajo en 1905; su obra se desarrolla en el 2º período (1902-1957) en que hemos dividido la historia de las Escuelas de Ingenieros, un período dominado por el grito de Riedler¹⁷: ¡Basta de Matemáticas!

hecho a su labor de laboratorio o de archivo” J. Ortega y Gasset, “Misión de la Universidad” (1930).

16. En la presentación de la Revista de Revistas (Revista de la Unión Matemática Argentina, volumen II, págs. 46 y 47), Rey Pastor y Babini escriben:

“La impresionante mole de las memorias matemáticas que, desde hace algún tiempo ocupan número tras número las revistas científicas del país, desplazando a los fecundos experimentadores, que antes llenaban sus páginas, es un acontecimiento que merece atraer nuestra atención, reanudando la “Revista de revistas” que fue iniciada en el primer número de la nuestra.

Es probable que a pesar de la estricta objetividad que presidirá estos comentarios (o quizás por causa de ella misma) el balance de tales análisis no resulte halagador para algunos autores: pero creemos hacer obra patriótica de depuración prosiguiendo la exposición minuciosa del contenido bueno o malo de los trabajos matemáticos argentinos, pues tras ella quedará trazada una clara línea divisoria: a un lado los trabajadores de buena fe que prefieren estudiar lo ya creado antes de inventar prematuramente y se limitan a resolver algunos problemas bien planteados y seriamente estudiados, al alcance de sus conocimientos y dotes intelectuales: del otro lado quienes, tan faltos de escrúpulos como de preparación y de talento, aprovechando la triple coyuntura que les ofrece la prudencia de los muy pocos lectores capacitados en el país, la dificultad de entender exactamente nuestra lengua para los componentes de otros países y la ingente cantidad de producción mundial que facilita el contrabando en las revistas extranjeras, cuando lleva el marchano de un cargo universitario, fabrican memorias al por mayor, sin freno ni control interno ni exterior, sin preocuparse de la certeza o falsedad, de la novedad o repetición, recorriendo toda la escala de la deshonestidad científica: desde la trivialidad desfigurada con ampulosa terminología, que impresiona a los no versados, hasta el plagio más descarado, que solamente indigna a las conciencias rectas, mientras merece sonriente tolerancia por parte de los espíritus “comprensivos”.

Y termina diciendo:

Callar un día más sería algo más innoble que la cobardía y más desdorado que la incompetencia profesional; sería la complicidad plena con la inmoralidad que a todos envuelve y a todos mancha.

Justicia no es igualdad, sino adecuación de medidas: es benevolencia para el principiante que labora animoso con sus débiles fuerzas y se siente orgulloso de sus pequeños hallazgos; es rigor ante la petulancia, freno contra la especulación y castigo para el fraude”. Recogido por S. Ríos, L.A. Santaló y M. Balanzat, “Julio Rey Pastor, matemático” (Instituto de España, 1979).

17. Riedler: “Zur Frage der Ingenieurziehung”, Berlín, 1895.

Es preciso romper con el espíritu unilateral de la Universidad, que se ha adueñado de las Escuelas y prescinde de la realidad de las cosas, dice Riedler. La Mecánica, la Física, la Termodinámica... se convierten en simples ejercicios matemáticos, falseando su propia naturaleza: los alumnos superan las dificultades del procedimiento matemático, pero no llegan a la entraña de las cosas, a conocer y dominar los fundamentos de estas ramas científicas.¹⁸

Mayor influencia ejercieron en nuestro país las obras y las opiniones de John Perry, sobre todo a partir del momento en que el Congreso Internacional de la Enseñanza Matemática de Glasgow (1901) adopta su Programa de Matemáticas Elementales. En abril de 1914 la Sociedad Matemática Española encarga a Luis Gaztelu, profesor de la Escuela de Ingenieros de Caminos, la traducción de "Practical Mathematics", del "ilustre profesor John Perry, propagandista entusiasta de la reforma y vulgarización de la enseñanza matemática elemental y de la que tiene por objeto la preparación para las aplicaciones a las profesiones técnicas"¹⁹.

Perry propugna una especie de "método de laboratorio": el estudiante debe adquirir el conocimiento de cosas concretas, antes de exigirle que razone acerca de ellas; los alumnos deben ejercitarse en el cálculo numérico, omitiendo dificultades filosóficas que sólo existen en la imaginación del profesor; los cálculos numéricos deben ser interpretados como aplicación de alguna fórmula; las ecuaciones deben manejarse como gráficas de funciones; deben suprimirse las demostraciones por razonamiento abstracto; la Geometría filosófica debe ser sustituida por la simple manipulación aritmética; deben eliminarse las excrescencias de la geometría del triángulo; la Geometría analítica queda subsumida en el manejo del papel cuadrículado... "Mi método —concluye Perry— se adapta bien a las facultades de los estudiantes de condiciones medias. El método ortodoxo (es decir, el estudio de las Matemáticas a través de las obras de Euclides, práctica común en la Inglaterra de la época, G.L.) se adapta bien solamente a los modos de pensar de los antiguos filósofos."

Los Congresos Internacionales de la Enseñanza Media (Milán 1911, París 1914) y los Congresos Internacionales de Matemáticas (Cambridge 1912, Estocolmo 1916) parecen confirmar las ideas de Perry, en lo que a la educación matemática del ingeniero se refiere.

En España, los ingenieros de Caminos, verdadera vanguardia en el conocimiento y asimilación de la mejor matemática europea, adoptan plenamente el punto de vista de la escuela de Perry. En 1914 el Instituto de Inge-

18. Riedler loc. cit. Recogido por J.G. Alvarez Ude en "La Matemática del Ingeniero", conferencia leída en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos el 5 de Mayo de 1926.

19. Luis Gaztelu "Prólogo del traductor de las «Matemáticas prácticas»" de John Perry (Madrid, 1914).

nieros Civiles organiza una serie de conferencias sobre este asunto, la más importante de las cuales, "Las Matemáticas del Ingeniero y su enseñanza", de Luis Gaztelu, es reproducida en la Revista de Obras Públicas (febrero 1914). Gaztelu reflexiona sobre pedagogía de la Matemática, sobre la cantidad y calidad de las Matemáticas que necesita el ingeniero para el ejercicio de su profesión y sobre cómo deben enseñarse estas Matemáticas. Al pasar revista a las opiniones de los expertos sobre este asunto, Gaztelu los va colocando entre "la extrema derecha conservadora" representada por el profesor milanés Colombo (que defiende la elevación del nivel matemático) y "la extrema izquierda radical", personificada en John Perry. El centro estaría ocupado por Le Chatelier.

Gaztelu parece inclinarse hacia las teorías de Perry, complementadas por las observaciones de Klein (a la sazón presidente de la Comisión Internacional permanente de la Enseñanza Matemática) y de Poincaré sobre los métodos genéticos y heurísticos de enseñanza.

El primer Congreso Nacional de Ingeniería (Madrid 1919) también se inclina por la reducción de los programas de Matemáticas, y porque éstas se orienten en armonía con la naturaleza de los trabajos del ingeniero. La Matemática, que para el Ingeniero no es sino una herramienta, tiene como fin principal el desarrollo de ciertas facultades del espíritu, entre las cuales la intuición. De nada sirve el razonamiento matemático si antes no se tiene una clara percepción de los fenómenos: debe desecharse el malabarismo matemático en que puede incurrirse al alejarse demasiado de los estudios objetivos. En el terreno del Análisis, los estudios matemáticos deben acomodarse a lo estrictamente indispensable, cultivando no sólo el hábito del razonamiento riguroso, sino dando una mayor extensión a los métodos geométricos, aunque sólo proporcionen resultados aproximados, no obstante suficientes en la práctica profesional.²⁰

Junto a esta asunción de las teorías de Perry, el Congreso se pronuncia por "la creación de la categoría de Doctores-Ingenieros, de elevada cultura científica, para que sean los fundadores y depositarios del saber técnico nacional en su doble aspecto de investigación teórica y empírica"²¹.

Así quedan configuradas las ideas hegemónicas, durante este período, acerca del carácter de las Matemáticas en la Ingeniería.

3. Las aportaciones de Rey Pastor

Podemos analizar la contribución de Rey Pastor al problema que nos ocupa según cuatro aspectos fundamentales:

20. M. Gómez Castaño, loc. cit.

21. Primer Congreso Nacional de Ingeniería (Madrid, 1919), conclusión n.º 70.

a) En primer lugar, como matemático que llena toda una época, y cuya presencia marca un salto cualitativo en la historia de la Matemática en España²². Rey Pastor repite el gesto de Echegaray (traer a España la matemática europea), pero hace algo más: crea escuela, se rodea de un grupo de jóvenes a los que logra comunicar su entusiasmo por la Matemática, organiza y dirige el Laboratorio y Seminario Matemático de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas. Sus discípulos y colaboradores (Sixto Cámara, Alvarez Ude, Pineda, Araújo, Ríos, Santaló, Fernández Baños, Iñiguez, Orts, Barinaga, San Juan, Bachiller, Balanzat...) constituirán la primera fila de la Matemática (oficial y real) en las décadas siguientes.

Los libros que Rey Pastor escribe para las enseñanzas universitaria y media constituyen un segundo frente para la propagación de la nueva manera de estudiar y de hacer Matemáticas. Retroceden los viejos textos de Cirodde, Cortázar, Salinas y Benítez, Sánchez Vidal... que durante medio siglo llegan a alcanzar hasta cuarenta ediciones (por ejemplo, la 1.^a edición de la Aritmética de Cortázar es de 1.846; la 45.^a es de 1.923)²³. Las nuevas Matemáticas llegan, por fin, a las Facultades, Escuelas Técnicas, Escuelas Normales del Magisterio, Institutos de Enseñanza Media...²⁴.

b) Además de sus obras matemáticas fundamentales (el "Análisis algebraico", la "Teoría de Funciones", las "Lecciones de Algebra", etc.), Rey Pastor redacta un texto especialmente dedicado a los futuros técnicos: el "Curso de Cálculo infinitesimal" (1.^a edición 1921, 8.^a en 1973).

Su prólogo constituye una verdadera declaración de principios acerca del carácter de las Matemáticas para los técnicos:

1) La enseñanza debe ser sistemática y lógica, propendiendo a una educación de la inteligencia en el razonamiento matemático; y no empírica, de carácter recetario, para la resolución de casos concretos.

2) De los problemas de existencia que tienen tanta importancia y dificultad para el matemático, sólo interesan al técnico los resultados, y no las demostraciones.

3) De los métodos de resolución teórica, muchos de los cuales apenas sí son demostraciones de existencia, sólo importan los que conducen rápidamente al resultado apetecido, con aproximación suficiente.

22. Se habla de dos períodos en esta historia: antes de y después de Rey Pastor.

23. "El salto que representa el paso de los libros de Marzal, Octavio de Toledo, Salinas y Benítez, etc., a los de Rey Pastor, corresponde a una discontinuidad esencial" Ríos, Santaló y Balanzat, op. cit. pág. 153.

24. Rey Pastor escribe con Puig Adam una "Metodología y didáctica de la Matemática elemental" (1933), que influyó notablemente en la formación de los maestros durante los años treinta. También redactaron conjuntamente los "Elementos de Aritmética", "Elementos de Geometría", "Elementos de Geometría racional", destinados a las enseñanzas elemental y media.

4) Además de los ejemplos abstractos, para ejercitar los métodos aprendidos, es conveniente tratar los problemas y magnitudes que se presentan en las ciencias físicas, para llenar el vacío que el ingeniero salido de las aulas suele encontrar entre la Matemática abstracta y la realidad concreta.

5) El graficismo, la intuición geométrica son los recursos esenciales del técnico para la visión de los fenómenos en su conjunto, para adivinar las soluciones y calcularlas aproximadamente; pero la intuición por sí sola es fundamento demasiado inseguro para apoyar las demostraciones y conceptos fundamentales.

Rey Pastor aborda el punto del rigor: existe el prejuicio según el cual el rigor, es decir, la precisión y la claridad, son exigencias del matemático puro y que, por el contrario, la mente del ingeniero puede llenarse con vagos juegos de palabras, de sabor metafísico, que disimulen la oscuridad del pensamiento. Pero precisamente (en el siglo XIX) la Matemática dejó de ser Metafísica para hacerse Aritmética, es decir, clara, sencilla, limpia de nebulosidades y libre de discusiones. Pues bien: nadie como el técnico, que ha de manejar realidades, y no abstracciones, debe ser exigente en claridad y precisión; nada más lejano de la Metafísica que el hierro y el hormigón.

La esencia del rigor —prosigue Rey Pastor— es la noción clara de aproximación suficiente. Nadie como el técnico necesita este rigor; para nadie es tan necesario el sentido de la aproximación. Quien, ardiendo en fiebre de exactitud, llega hasta apreciar las millonésimas en un cálculo cuyos datos tienen tres o cuatro cifras exactas, y cuantas más cifras amontona más se aleja de la verdad, carece de este sexto sentido, tan necesario al ingeniero como la vista al pintor. *Cultivar el sentido de la aproximación* —concluye Rey Pastor— es el principal objeto de estas lecciones.

En este epígrafe de obras específicamente dedicadas a los técnicos cabría considerar asimismo los “Ejercicios de Matemáticas, especiales para Físicos y Químicos”, publicado conjuntamente con J. Babini en 1930, el “Norte de problemas”, publicado con J. Gallego en 1955, los “Problemas lineales de la Física” de 1955 y las “Funciones de Bessel”, redactada en colaboración con A. de Castro en 1958.

Capítulo aparte merece el original e inclasificable “Curso Cíclico” (1.^a edición 1924). Rey Pastor deja de lado la tradicional organización biogénica de los planes de estudio (Aritmética, Geometría, Álgebra...) y ensaya un *enfoque fusionista* para tener una visión integral de cada problema. La complejidad creciente de las magnitudes y de las relaciones o funciones que las ligan va trazando el itinerario de modo lógico, marcando la pauta a este experimento de curso cíclico.

Esta obra, enormemente sugestiva, es hoy todavía de obligado examen para todo enseñante preocupado por la interdisciplinariedad, aun cuando el propio Rey Pastor emitiese sobre este Curso un juicio crítico bastante

duro²⁵.

c) Además del breve ensayo constituido por su prólogo al “Cálculo infinitesimal”, Rey Pastor teoriza en diversas ocasiones y lugares acerca de las Matemáticas para técnicos²⁶.

La que tuvo mayor repercusión, y se constituyó en polo de referencia para reflexiones posteriores, fue la conferencia “La Matemática en la Ingeniería”, pronunciada en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid el 25 de marzo de 1928. En ella Rey Pastor declara: “Las Matemáticas del Ingeniero han de diferir de las del matemático puro en la *cantidad*, en la *calidad*, en la *orientación* y en el *método*”.

En cuanto a la cantidad, cree que no conviene enseñar teorías que quizá sirvan andando los siglos, pero a las que por ahora no se les han descubierto aplicaciones.

Al analizar el carácter que deben tener las Matemáticas del ingeniero, Rey examina el divorcio producido a comienzos del siglo XIX, al constituirse, por un lado, la Matemática como ciencia independiente de la Física, y al ir creciendo, por otro lado, las necesidades de una técnica en expansión. De aquí el justificado estallido de Riedler, Perry y secuaces, que (según Rey) debía de haberse hecho con el lema “¡Basta de Matemáticos!” (y no “¡Basta de Matemáticas!”), ya que no debió ir contra la ciencia, sino contra quienes enseñaban cosas impropias de los fines perseguidos. El desenfoque de esta reacción desembocó en la reducción de los horarios y programas de matemáticas, y en la conversión de éstas en una serie de recetas. La realidad reaccionó vigorosamente contra este estado de cosas: en 1912 los industriales alemanes suplican a las Escuelas Técnicas que les salven de la catástrofe que se les avecina, ya que los “ingenieros de manual” eran impotentes ante problemas cuyas condiciones eran un poco distintas de las de su formulario. Acudían entonces estos angustiados patrones a los matemáticos puros, pero éstos se habían ido tanto de la realidad que la comunicación era ya imposible.

La salida —prosigue Rey Pastor, siguiendo las ideas de Klein²⁷— consiste en diferenciar, dentro de la Matemática, dos grandes bloques: una

25. Así, en el prólogo a la 4.ª edición del “Cálculo infinitesimal” (1944), declara Rey Pastor “Nos propusimos, al desarrollar este Cálculo, desarrollar los tópicos esenciales para las ciencias de aplicación, con el rigor posible dentro de los límites de extensión y elementalidad que corresponden a tales cursos; y es obvio que rigor implica concentración de pensamiento y abandono de imágenes intuitivas, rápidas pero engañosas. Quienes se conformen con este criterio de verdad probable, podrán consultar con fruto el viejo libro de Appell, o nuestro Curso Cíclico, donde todo es sencillo y convincente, mientras el lector no se perca del escaso valor de tales razonamientos”.
26. La nómina completa de los trabajos científicos de Rey Pastor puede verse en Ríos, Santaló, Balanzat, op. cit., págs. 252 y siguientes.
27. F. Klein: “Matemática elemental desde un punto de vista superior”. Versión de Roberto Araújo para la Biblioteca Matemática dirigida por Rey Pastor.

“Matemática de precisión” (ciencia pura, teórica) y una “Matemática de aproximación”, metódica y no recetaria, propia de las aplicaciones a la técnica, y que constituye una de las ramas más difíciles de la Matemática, ya que en la “Matemática de la precisión” no hay lugar para la discusión (las cosas son ciertas o son falsas), mientras que en la “Matemática de aproximación” hay un margen de elasticidad para la verdad, donde cobra toda su importancia ese “sexto sentido” (el de la aproximación) tan necesario al ingeniero. Esta distinción entre las dos Matemáticas se reflejaría en el seno de los estudios de la ingeniería, según una especie de división del trabajo. Existiría un “ingeniero teórico”, cuya misión fundamental consistiría en hacer progresar a la técnica y seguir al día todos los progresos de la misma, y un “ingeniero profesional” que, además de la cultura matemática y técnica, necesitaría una porción de conocimientos legales y económicos. La misión de este último técnico consistiría en resolver los problemas corrientes de la técnica, acudiendo en consulta al “Ingeniero teórico” cuando se presentase un problema nuevo o complicado²⁸. Rey Pastor apoya este punto de vista con ejemplos del extranjero, e incluso con lo que ocurre en otras profesiones: hay médicos profesionales e investigadores de la biología, abogados y juristas, etc.

d) La última contribución de Rey Pastor al asunto que nos ocupa la constituye su propia actividad en la Argentina. La Facultad de Ciencias de Buenos Aires, en la que Rey profesó, de una manera o de otra²⁹, desde 1917 hasta 1962, incluía estudios de Ingeniería, Agrimensura, Arquitectura, Química, Ciencias Naturales y Ciencias Físico-matemáticas. Rey Pastor vio enseguida que la cantera de los futuros matemáticos estaba en el grupo de estudiantes de ingeniería, que no sólo era el más numeroso (en 1921 eran 528 estudiantes, de un total de 755 para la Facultad), sino que era de donde procedía la mayor parte de los que seguían después el Doctorado en Ciencias Físico-matemáticas.

Sus ideas acerca de las ventajas producidas por esta “coeducación” en la Facultad aparecen perfectamente condensadas en un escrito de 1923, referente al establecimiento de un nuevo Plan de Estudios:

“Un criterio radical aconsejaría la separación de los estudios de ingeniería y del doctorado, a partir de sus comienzos mismos. Pero, aparte de las razones de oportunidad que se oponen a tan extrema reforma, ella iría contra el interés de los alumnos del doctorado. Al matemático puro es muy útil

28. Paulino Castells, en su memoria “La preparación matemática en la carrera de Ingeniero”. (Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, 1932), se opuso enérgicamente a esta bifurcación de la carrera.

29. En 1917 llega a la Argentina como conferenciante de la Junta para Ampliación de Estudios; su primer curso dura de julio a septiembre. Es contratado inmediatamente para un segundo curso, que concluye en abril de 1918. En 1921 da su tercer curso, al final del cual es contratado por un período de seis años, a comenzar en marzo de 1922. En diciembre de 1927 es nombrado “profesor titular” de la Facultad. Véase Ríos, Santaló, Balanzat, op. cit.

el contacto con las aplicaciones y las tendencias a desligarse de ellas que ha predominado en el siglo XIX, ha sido abandonada para sustituirla por una corriente moderna que tiende a vivificar los estudios abstractos con las aplicaciones útiles, procurando mantener relación armónica entre ambas profesiones. Hay, además, una razón pedagógica. Los primeros cursos de matemáticas preparatorios para ingeniería, en los cuales debe preocuparse más de la técnica de los cálculos que de la profundidad de los conceptos, sirven de enseñanza propedéutica para los matemáticos puros, adiestrándolos en la práctica del cálculo como preparación útil para profundizar después con análisis retrospectivo. Finalmente, no debe olvidarse la conveniencia práctica de que buen número de materias sean comunes a ambas carreras, pues esto facilitará el acceso a las altas teorías matemáticas de algunos alumnos de ingeniería cuyas aficiones les llevan a estos estudios superiores una vez terminada su carrera, o simultáneamente con ella. Este puente de paso entre una y otra puede servir para aminorar los perjuicios que a sí mismos y al país irrogan los que emprenden una carrera llevados por una afición pasajera que se considera, erróneamente, como vocación arraigada; por otra parte, los ingenieros que con aptitudes sobradas completan la formación técnica con las altas especulaciones matemáticas, pueden formar un núcleo de técnicos superiores capaces de abordar los más difíciles problemas de la ingeniería que alguna vez se les puedan presentar³⁰.

Estos criterios se revelaron globalmente acertados, según reconocieron más adelante la universidad y la sociedad argentinas. Una parte notable de los discípulos más próximos a Rey Pastor procedía de este sector de estudiantes de ingeniería³¹.

4. La historia continúa

En nuestro país la obra de Rey Pastor no llega a alterar significativamente el estado de opinión acerca del papel y carácter de las Matemáticas en la Ingeniería, que continúa hegemonizado por los seguidores del “modelo alemán”.

La figura de Rey Pastor como matemático será unánimemente respetada; pero sus ideas acerca del problema que nos ocupa serán escasamente puestas en práctica. Incluso su nombre será simbólicamente utilizado para apoyar opiniones justamente contrarias a las suyas (“Hasta Rey Pastor reconoce...”) ³².

30. Ríos, Santaló, Balanzat, op. cit., pág. 50.

31. Ríos, Santaló, Balanzat, op. cit., págs. 100 a 123.

32. Así ocurrió, por ejemplo, en el 1^{er} Congreso Nacional de Ingeniería de 1919. Asimismo, en su memoria “La preparación matemática en la carrera de Ingeniero” (Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, 1932), Paulino Castells. (que fue director de la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona y Catedrático de Matemáticas en la misma durante

En este segundo período 1902-1957, en que se desenvuelve la actividad de Rey Pastor, únicamente disienten de estas ideas dominantes dos personajes singulares: el primero de ellos, Esteve Terradas i Illa, es un genio individual situado tan por encima de sus contemporáneos y tan absorto en sus empresas técnicas e industriales que no dejó tras de sí ni discípulos ni escuela³³. El segundo, Pere Puig i Adam, Ingeniero, matemático, profesor de Instituto, profesor de la Facultad de Ciencias y de la Escuela de Ingenieros Industriales, será el personaje decisivo en el período de transición hacia la tercera etapa iniciada en 1957: sus obras y sus ideas acerca del carácter de las Matemáticas en la Ingeniería (recogidas en diversas conferencias y en los prólogos de sus tres tratados más importantes) hegemonizarán el período 1947-1964.

Pero esto es ya otra historia...

BIBLIOGRAFIA

- J.M. ALONSO VIGUERA: "La Ingeniería Industrial Española en el siglo XIX" (E.T.S.I.I. de Madrid, 1943).
- E. ASHBY: "La tecnología y los académicos" (Monte Avila editores, Caracas, 1970).
- J.D. BERNAL: "Ciencia e industria en el siglo XIX" (Martínez Roca, Barcelona, 1977).
- E. GARCIA CAMARERO, ed. "La polémica de la ciencia española". (Alianza ed., Madrid, 1970).
- R. GARRABOU: "Enginyers industrials, modernització econòmica i burgesia a Catalunya" (L'Avenç, Barcelona, 1982).
- G. LUSA: "Las Matemáticas y la Ingeniería Industrial 1850-1975", Tesis Doctoral, Barcelona, 1975.
- J.L. PESET, S. GARMA, J.S. PEREZ GARZON: "Ciencias y enseñanza en la revolución burguesa". (Siglo XXI, Madrid, 1978).
- S. RIOS, L.A. SANTALO, M. BALANZAT: "Julio Rey Pastor, matemático" (Instituto de España, Madrid, 1979).
- A. RUMEU DE ARMAS: "Ciencia y tecnología en la España ilustrada". (Turner, Madrid, 1980).

cuarenta y siete años) cita a Rey Pastor porque éste "reconoce" que las matemáticas del ingeniero son diferentes de las del matemático puro... y pasa a continuación a disentir de los restantes planteamientos de Rey Pastor.

33. Véase la contestación de Rey Pastor al Discurso de recepción de E. Terradas en la Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Naturales, Madrid, Febrero de 1933. Véase asimismo la monografía (en prensa) de Antonio Roca y José Manuel Sánchez Ron: "Esteve Terradas: ciencia y técnica en la España contemporánea".