
MATEMÁTICAS EN LAS AULAS DE SECUNDARIA

Sección a cargo de

Antonio Pérez Sanz

Francisco Martín es catedrático de matemáticas y ha sido director de la revista «Suma». Ana Millán Gasca es profesora de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Roma III y ha sido directora gerente de «Llull, Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas». En los cursos 1996–97 y 1997–98 trabajaron juntos en el Liceo Español «Cervantes» de Roma.

Ciencia, tecnociencia y el papel de las matemáticas en la enseñanza secundaria obligatoria

por

Francisco Martín Casalderrey y Ana Millán Gasca

La matemática conserva desde hace milenios un lugar privilegiado en la instrucción. Sin embargo, en un contexto científico en transformación y en crisis, la comunidad matemática debe mantener una continua reflexión y vigilancia sobre el papel de las matemáticas, en particular en la enseñanza obligatoria. La enseñanza ha estado marcada históricamente por la contraposición entre *ciencias* y *humanidades*. Este dualismo pervive en parte en el mundo intelectual, pero hoy en día ha perdido relevancia desde el punto de vista de la acción educativa. Para discernir hoy cuál es la función de la educación científica en la formación de los alumnos, futuros hombres y mujeres del siglo XXI, la contraposición que es útil analizar, y con la cual debe confrontarse cualquier sistema educativo, es la que existe entre *ciencia* y *tecnociencia*. Dicho explícitamente, la dicotomía entre el saber entendido como esfuerzo humano cuya finalidad principal es procurar —desde ángulos diversos— un mejor conocimiento de la realidad, que nace de una profunda exigencia de comprensión del mundo en que vivimos y de nuestra propia existencia; y el saber «orientado», desarrollado con el objetivo fundamental de hacer progresar las realizaciones tecnológicas y la organización de las sociedades contemporáneas. La posición del docente frente a esta importante distinción, ya sea implícita o consciente, condiciona su labor; y, en el caso de las matemáticas, este condicionamiento presenta características muy particulares.

1. LA IRRESISTIBLE ASCENSIÓN DE LA TECNOCIENCIA

Uno de los rasgos característicos de la Edad Moderna consiste en la neta distinción que se vino a establecer entre la *sapientia* (la sabiduría teológico-religiosa) y la *scientia*. La *scientia* moderna englobaba a un conjunto de disciplinas en las que coexistían una multitud de métodos de análisis, en parte heredados de la vieja *sapientia* medieval, en parte profundamente renovados a partir del periodo de la Revolución Científica: método filológico, histórico, experimental, cuantitativo-matemático. En aquel periodo se afirmó progresivamente la supremacía de la *scientia* sobre la *sapientia*: era el inicio de la evolución hacia la secularización del pensamiento y del saber que caracteriza intelectualmente a la «modernidad».

El proceso de secularización duró mucho. Sólo en el periodo que se puede llamar Segunda Revolución Científica, a partir de las décadas finales del siglo XIX, se llegó al rechazo definitivo de cualquier principio de autoridad religioso y a la afirmación de principios de autoridad humanísticos. Esta ruptura fundamental es la base del concepto contemporáneo de «conocimiento científico» (Hollinger 1994, p. 33):

«Ha habido, por supuesto, variaciones lingüísticas y nacionales en la agudización de la distinción entre el conocimiento científico y el resto de la vida intelectual. El concepto de *Wissenschaft* en alemán hacía referencia a un ideal de estudio especializado y riguroso que se aplicaba tanto a las humanidades como a las que más adelante se han llamado ciencias físicas y biológicas, mientras en francés o en inglés con el término *science* se hacía referencia en general a éstas últimas. Sin embargo fue el concepto amplio de ciencia a la alemana —que incluye los campos del saber humanístico y social— el que, tanto en América, como en Gran Bretaña y la Europa continental, imbuyó los esfuerzos encaminados hacia la promesa de una cultura científica. Esta visión amplia de la ciencia no dejaba de identificar claramente una actividad humana con sus rasgos distintivos. Las verdades buscadas por la *Wissenschaft* eran exactas y seculares, y eran empíricas [...]. No se trataba de verdades inspiradas, sino de verdades descubiertas. Se excluían aquellas verdades que son afirmadas sobre la base de la experiencia religiosa, la intuición poética, la especulación, el sentido común, o la experiencia práctica pero carente de disciplina de la actividad cotidiana.»

Durante el siglo XX este concepto amplio de ciencia, que incluye la física, la economía, las matemáticas, la biología, la medicina, la psicología, la sociología y aun la historia o la filología, ha coexistido con una separación entre las «dos culturas», científica y humanística, descrita eficazmente por Charles P. Snow (1905–1980) a mediados de siglo. Partiendo de la experiencia concreta de sus colegas universitarios, Snow describió entonces una atmósfera que hubiera sido exagerado considerar como de abierta hostilidad, pero que era sin lugar a dudas de desconfianza y de una falta de comprensión recíproca entre las disciplinas científicas y las disciplinas humanísticas. En el sector humanístico existía la tendencia a inhibirse y a permanecer desinformado respecto a las líneas de desarrollo de la investigación «científica» y sus numerosas

implicaciones filosóficas, sociales, culturales, refugiándose a menudo en la excusa de la dificultad conceptual o del lenguaje matemático de la ciencia contemporánea. Viceversa, los «científicos», quizá con mayor arrogancia, tendían a dejar de lado el problema de *comunicar la ciencia*.

En las décadas siguientes, y hasta la actualidad, el mundo científico ha encontrado refugio en el enfoque paternalista-misionero de la «difusión de la cultura científica» (*public understanding of science*), manteniéndose esencialmente aislado en relación con el debate cultural contemporáneo, al que debiera participar como miembro de derecho (Bucchi 2006). A finales del siglo XX, el único terreno de encuentro entre humanistas y científicos han sido las comisiones de bioética: un contexto gélido y mortecino, animado sólo por el eco político de las discusiones entre filósofos, antropólogos, teólogos o estudiosos de la religión, médicos y biólogos.

La paradoja curiosa es que todas las disciplinas han procurado adjudicarse la etiqueta de «científicas», como sinónimo de rigor y seriedad. Se trata de una tendencia cuyos orígenes se remontan al periodo clave antes citado de definitiva secularización del saber, pero que se ha acentuado en el curso del siglo XX. En razón de ello, todos los campos del saber han intentado incluir una mayor o menor dosis de los protocolos experimentales y de los métodos estadísticos y matemáticos que son considerados un ingrediente fundamental de lo genuinamente científico. Los métodos cuantitativos han penetrado en tromba en economía, en psicología o en sociología, y con mayores resistencias internas en algunos sectores de la biología y en algunas corrientes de la investigación histórica. Los métodos empíricos se han extendido a la antropología y a las ciencias sociales. El desarrollo de los métodos de computación y de simulación con el auxilio del ordenador electrónico ha contribuido a la introducción de métodos de base lógico-matemática en disciplinas y técnicas como la gestión y la administración (*management science*), la arqueología o la lexicografía. La literatura y las artes no se han mostrado inmunes al encanto discreto de la ciencia: no en vano la palabra «experimentación» ha pasado a significar, en estos ámbitos, innovación y creatividad (Ross 1994).

Se ha verificado así un proceso de dilatación del campo de la ciencia. La palabra «ciencia», complementada adecuadamente con adjetivos o expresiones *ad hoc*, se usa hoy en día para designar cualquier campo del saber. Y no se trata de una pura cuestión de forma, debida al poder de atracción de la etiqueta «científico» tras las grandes conquistas teóricas de la física, la química y la biología y sus consecuencias en el campo tecnológico. Ha existido efectivamente un gran fermento de ensayos metodológicos y de desarrollos interdisciplinares, como por ejemplo la transferencia de modelos matemáticos así como de conceptos y términos científico-tecnológicos (como *complejidad, organización, evolución*).

Las agudas observaciones de Snow son un testimonio eficaz del camino de afianzamiento de las ciencias físicas y naturales en el panorama académico en el siglo pasado y una de sus más visibles consecuencias, la aparente rotura en dos pedazos de la cultura. Desde la perspectiva del inicio del siglo XXI, el panorama resulta más claro: la rotura que este autor describía en su día se presenta como un estado de transición en un proceso más amplio, que podemos describir mejor como *alejamiento de las ciencias físicas y naturales del mundo de la cultura* (Levy Leblond 1996, 2007).

Los científicos han desertado en masa de ese escenario moderno de pensamiento y debate que llamamos «cultura», dejando como únicos protagonistas a la literatura y las artes, junto a las humanidades y las ciencias sociales. Todo lo más, a partir de las décadas del 1980 y 1990, se ha asistido a una proliferación de frases de impacto en los medios de comunicación para describir de manera apresurada y superficial los «éxitos» de la ciencia o el «presunto» significado epistemológico o filosófico de ciertos desarrollos matemáticos o cierto datos experimentales. Recordemos el anuncio de la fusión fría; o la moda pasajera de los fenómenos de caos en sistemas dinámicos y las discusiones sobre el hundimiento del paradigma del determinismo. Y más adelante, los grandes anuncios en el campo biológico o biotecnológico (clonación, vacunas contra el SIDA), y las promesas de *resolver* el misterio de la conciencia y del destino humano a través de la genética o de las neurociencias.

Esta evolución es índice de una crisis y una transformación profunda de la ciencia. Ciertamente la ciencia, en la multitud de sus sectores de investigación, se muestra hoy en día más activa que nunca. Si no comunica con la cultura, ¿hacia qué o hacia quién está orientada? La respuesta es que la ciencia ha virado progresivamente su punto de mira hacia la tecnología. Los primeros progresos técnicos de base genuinamente científica se produjeron en el periodo clave de la Segunda Revolución Científica, entre 1870 y 1930. El poder de la ciencia se hizo evidente, sobre todo a los ojos de la clase política, durante la Segunda Guerra Mundial. Las aplicaciones de la ciencia y de la mentalidad científica se extendieron progresivamente a todos los sectores tecnológicos en el campo militar y civil, gracias a una proyecto cultural y a una política científica delineada claramente en el famoso informe de Vannevar Bush (1890–1974) titulado *Science: The unendless frontier* (1945), que defendía el valor de la ciencia básica y sostenía económicamente su independencia, a la vez que pretendía *gobernar la relación entre ciencia básica y tecnología* (entendida por Bush como ciencia aplicada, es decir, como emanación directa de la ciencia).

A lo largo de la segunda mitad del siglo pasado la política científica fue progresivamente desplazando su punto de mira de *la ciencia y los científicos* hacia los grandes proyectos de I+D, *investigación y desarrollo*. El emblema de este nuevo enfoque fue en su día la Rand (Research & Development Corporation), un instituto de investigación fundado por la compañía Douglas Aircraft y transformado en 1948 en una fundación sin finalidad lucrativa sostenida por la Aviación militar estadounidense y por la Fundación Ford. Inicialmente, la ciencia básica, siguiendo la visión de Bush, era considerada intocable, imprescindible para un país moderno: era la clave del éxito de los grandes proyectos militares, industriales y comerciales. Sin embargo, la ciencia se había unido con los intereses económicos y militares en un abrazo asfixiante, transformándose de esta manera en *tecnociencia*.

En la primera mitad del siglo, la protagonista de esa nueva alianza fue la física, y el desarrollo de las armas nucleares condujo a una toma de conciencia entre los físicos de las implicaciones de la nueva situación, no sólo en relación con la sociedad, sino para la propia evolución de la disciplina. A finales del siglo, y a principios del siglo XXI, es la biología la disciplina que se presenta como fuente futura de dominio, de beneficio económico y de progreso tecnológico en cuestiones tan delicadas como la vida, la salud, la alimentación y el bienestar. Los «grandes problemas» de la física

fundamental han quedado arrinconados, empobreciendo el debate filosófico (Smolin 2006). La biología es hoy en día la protagonista del mundo científico, y observemos que los aspectos problemáticos de la investigación biológica contemporánea han sido subrayados mucho más por los movimientos de opinión pública que no por la amplia comunidad de investigadores en las ciencias de la vida.

Cuando se habla de tecnociencia, no se trata de demonizar al desarrollo tecnológico y sus implicaciones sociales, económicas, culturales. Esta expresión ha surgido para reivindicar la autonomía de la ciencia como actividad cognoscitiva que forma parte esencial de la cultura humana, y que desde tal autonomía establece una interacción con la técnica. La tecnociencia amenaza con hacer perder a la ciencia los objetivos, la metodología y las formas de acción que le son propios y, en definitiva, hacerla estéril. El «asfixiante» abrazo al que nos hemos referido representa una nueva forma de irracionalidad presente en el mundo contemporáneo, que a su vez dificulta enormemente el control del desarrollo tecnológico.

Una neta distinción —que no contraposición— entre *ciencia*, por una parte, como conjunto de disciplinas teóricas y *tecnología*, por otra, como conjunto de disciplinas orientadas hacia un objetivo práctico-aplicado («the sciences of the artificial», usando la terminología de Herbert Simon), tiene particular relevancia en el contexto de una educación secundaria convertida en España en *obligatoria* para todo ciudadano, si le queremos proporcionar los instrumentos intelectuales, culturales y críticos que le ayuden a desarrollar sus capacidades como *persona* y que le permitan organizar su propia vida en la sociedad democrática moderna, altamente tecnológica. Desde esta perspectiva, en la enseñanza obligatoria (primaria y secundaria) los aspectos prácticos y «profesionalizadores» deben ocupar un espacio relativamente menor, y el *acento se debe poner en los aspectos más generales, intelectuales, históricos y metodológicos*. El objetivo debe ser proporcionar una formación básica que garantice el que cualquier especialización técnica o profesional posterior no se convierta en una eliminación de la *curiosidad intelectual*. Una innovación de la enseñanza en términos de inglés práctico, de informática y matemáticas para la toma de decisiones (en Italia, el eslogan de la «escuela de las tres íes» de Silvio Berlusconi era: «inglese, italiano, impresa») sería un boomerang. Si el pretender ofrecer a niños y jóvenes mayores posibilidades de formación y de futuro significa subordinar a este enfoque la enseñanza de todas las materias, todo se reduciría a la vieja idea de una escuela profesional; con la única novedad de que, mientras en el pasado esta última era considerada una opción de serie B, ahora se generalizaría a todos los estudiantes. No debe ser éste el objetivo: en esta fase de la educación se juega una vida de crecimiento como persona, la capacidad de construir la propia identidad y dotar de sentido a la propia trayectoria vital.

2. ¿MATEMÁTICAS O TECNOMATEMÁTICAS?

Las matemáticas han desempeñado un papel muy especial en la articulación entre ciencia y técnica, mucho antes de la aparición de la tecnología moderna. El significado original de la palabra matemáticas, el griego *mathemata* («lo que se aprende, lo que se enseña»), está profundamente ligado a la misma idea de transmisión del

conocimiento teórico (aritmética, geometría, música y astronomía) tal y como fue concebido por la cultura griega. Pero al mismo tiempo, desde la Antigüedad y antes y después de la creación de la idea griega de matemáticas, un cierto número de técnicas aritméticas y geométricas ha formado parte del caudal de artes y saberes prácticos de funcionarios estatales, artesanos, comerciantes o topógrafos, que se transmitían en escuelas u oralmente, de maestros a aprendices. Los estudios recientes sobre la circulación intercultural de los conocimientos matemáticos en el mundo antiguo muestran que ha existido un canal específico, especialmente fluido, para la matemática práctica o «subcientífica» (Høyrup 1994). El uso de las matemáticas se extendió a partir de la época de la Revolución Científica a artes como la mecánica, la balística, la navegación, hasta el extremo de que la palabra «matemático» se generalizó para designar a un número amplio de profesiones.

En el siglo XVIII se empezó a utilizar, con un significado más restrictivo, el término «geómetra», para referirse al estudioso que se interesaba específicamente por desarrollar esta disciplina, con un enfoque teórico atento a sus problemas conceptuales y no guiado exclusivamente por el interés en sus aplicaciones (Grattan-Guinness 1994). Por otra parte, las aplicaciones de las matemáticas a otros campos del saber (empezando por la física) y a la actividad técnica y práctica (en primer lugar a la mecánica aplicada o ingeniería mecánica) han sido fuente de múltiples desarrollos teóricos. Así, este doble aspecto de las matemáticas, *pura o teórica y mixta* como se decía a finales del siglo XVIII, *pura y aplicada* con expresión más moderna, ha sido siempre esencial, sin que se pueda concebir la renuncia a uno de ellos. Esta dialéctica se ha mantenido viva a lo largo del siglo XX, que ha visto, a partir del periodo comprendido entre la Primera y la Segunda Guerra Mundial, un explosivo crecimiento de los sectores de aplicación de las matemáticas y, al mismo tiempo, una tendencia entre amplios sectores del mundo matemático a desinteresarse y aun despreciar las aplicaciones y concentrarse en problemas abstractos dejándose guiar por la lógica interna de la disciplina.

El reflejo de esta dialéctica en la enseñanza elemental de las matemáticas durante la segunda mitad del siglo XX ha sido importante. En estas décadas, en efecto, se produce por vez primera una ruptura en una tradición que se había conservado esencialmente idéntica durante siglos, y que podemos resumir, simplificando mucho, en dos palabras: aritmética elemental y *Elementos* de Euclides. En España, en virtud del influjo cultural de Francia, a partir de los años Setenta se concibió la modernización de la enseñanza de las matemáticas como un proceso de eliminación de los aspectos que mostraran la relación de las matemáticas con otros campos del saber, con la actividad técnica o incluso, genéricamente, con el mundo sensible. En los libros de texto de Enseñanza General Básica de ese periodo la geometría se disolvía en álgebra y la aritmética en teoría de conjuntos. Operaba aquí la concepción *bourbakista* de las matemáticas como actividad exquisitamente intelectual, que se realiza en las aulas, en los seminarios y en las mesas de trabajo, más que en laboratorios o centros de cálculo.

Conviene recordar que, en los mismo años, la influencia de la psicología de la educación condujo en otros países (en particular en los Estados Unidos) a evitar todo «tecnicismo» matemático (entendido como lenguaje matemático excesivamente

te formalizado, abstruso e incomprensible para los alumnos), a preferir contenidos matemáticos prácticos, útiles o ligados a la experiencia concreta de los alumnos (usando materiales manipulables) y a rechazar el «aprendizaje mecánico» buscando un «aprendizaje significativo». El fracaso alarmante de los planes de estudio nacidos de la moda de la «matemática moderna» y el rechazo hacia los excesos de este «bourbakismo» escolar hicieron que aumentara internacionalmente el interés por el enfoque práctico-concreto.

En nuestro país, la necesidad de reequilibrar el peso de las varias componentes de las matemáticas, que era ya una convicción común entre los profesores de matemáticas desde hacía años, se reflejó por vez primera en el currículo oficial de matemáticas de la Enseñanza Secundaria Obligatoria que fue establecido en 1996. El preámbulo del documento describía los tres papeles que las matemáticas debían desempeñar en la enseñanza a este nivel, «indisociable y equilibradamente»: un papel formativo básico de capacidades intelectuales, un papel aplicado, funcional, y un papel instrumental, en cuanto armazón formalizador de conocimientos de otras materias.

Precisamente este triple papel explica que las matemáticas sean consideradas, junto a la lengua materna, vertebradoras del conjunto de las disciplinas que forman el contenido «cognitivo» (lo distinguimos así de las áreas artísticas y de la educación física) de la enseñanza obligatoria. Sin embargo, existe una tendencia creciente a dejar de lado el papel formativo básico, que parece confirmado en las disposiciones recientes relativas a la ESO. Hace diez años, cuando fue creada la ESO, se afirmaba que el objetivo de las matemáticas «debe ser que los alumnos adquieran los conocimientos necesarios para desenvolverse como ciudadanos en una sociedad que incorpora y requiere, cada vez más, conceptos y procedimientos matemáticos», una idea que se ha convertido en el *leit-motiv* en la presentación general de la materia en las recientes disposiciones legislativas.

En su día este objetivo —la matemática del ciudadano— fue formulado tanto para *delimitar* como para *limitar* los contenidos propuestos para esta etapa de la enseñanza, aspecto particularmente crucial en matemáticas, al haberse extendido la escolarización hasta los dieciséis años, en razón de la dificultad intrínseca que tradicionalmente presentan los conceptos y procedimientos matemáticos. La idea de fondo era que no se trata de *enseñar a todos* los conocimientos matemáticos «difíciles» (los conocimientos de un bachillerato entendido en sentido clásico) sino diseñar un nuevo perfil de conocimientos matemáticos *pensados para todos*. De hecho, el texto continuaba: «El currículo básico ha de permanecer dentro del marco de conocimientos considerados imprescindibles para satisfacer las necesidades matemáticas habituales de un ciudadano adulto en la sociedad actual y futura».

La insistencia, legítima, en la necesidad de limitar la dificultad, responsable del «miedo a las matemáticas» que acompaña desde siempre a los estudiantes, no debería sin embargo llevar a limitar las ambiciones de la enseñanza a este nivel. La expresión «necesidades matemáticas», y, más aún, «necesidades matemáticas habituales» se desliza peligrosamente hacia lo que podríamos llamar *tecnomatemáticas*: unas matemáticas concentradas en la *utilidad*, en las aplicaciones de las matemáticas a las ciencias, así como a muchas actividades de tipo práctico, técnico, o de

organización y gestión. En el Real Decreto de 29 diciembre de 2006 de enseñanzas mínimas de la ESO se da relieve a la idea de *dominio* de ideas y destrezas matemáticas que las personas *necesitan* en distintos ámbitos profesionales, y adquiere un papel inédito la cuestión de la organización y optimización y la toma de decisiones (esta terminología es un préstamo del lenguaje contemporáneo de la tecnología y el *operations management* (Millán 2006)).

No hay duda de que para desenvolverse en la sociedad del futuro serán muy útiles los conocimientos matemáticos; es más, desgraciadamente, es muy posible que este tipo de conocimientos y capacidades sean una clave de diferenciación, económica y social en la vida adulta. El esfuerzo del Estado cuando garantiza una educación obligatoria y la labor de la comunidad educativa están dirigidos precisamente a suavizar la «desigualdad de oportunidades» que aflige a la sociedad moderna. Sin embargo, la gravedad y dificultad de los retos que deberán afrontar el día de mañana los jóvenes de hoy en el mercado de trabajo no deben distraer la atención de los aspectos menos pragmáticos de la enseñanza secundaria obligatoria. Existe una fuerte tendencia actualmente a reducir la educación a mero «training» para la profesión futura; pero la modernización y la democratización de la enseñanza no debería llevar consigo que se dejara de enseñar a pensar y a conseguir una cierta iniciativa y autonomía intelectual, que se ha demostrado siempre un aspecto fundamental para saber desenvolverse en la sociedad, primero como súbditos y luego como ciudadanos. ¿Se puede reducir tal autonomía a la capacidad de manejar información, establecer hipótesis y contrastarlas y diseñar estrategias? El objetivo, mucho más ambicioso, debería ser tratar de garantizar a un número de adolescentes mucho mayor que en el pasado el derecho a saber, a formular preguntas sobre el significado de las cosas y a recibir respuestas, a participar aunque sea poco en la gran corriente de ideas de la humanidad, en cuyo seno las matemáticas ocupan un papel protagonista.

No es tecnomatemática lo que necesita la *persona*, sino *cultura matemática*. Cultura matemática entendida como herencia cultural construida históricamente, así como concepción actual de las matemáticas y su papel en el mundo moderno. La cultura elemental clásica sobre números y geometría, forma parte de ella: en este sentido, la asignatura actual se coloca en una continuidad histórica con las «escuelas de matemáticas» del pasado (Martín 2000). Las ideas básicas del álgebra y del análisis y su íntima conexión con la mecánica y la física son un ulterior elemento fundamental, que se completa dando espacio a aspectos elementales de la probabilidad. Con estos y otros elementos, como algunas ideas de estadística descriptiva, se puede entrever el significado y la importancia de la matemática aplicada, floreciente en nuestra época, pero que, si reabsorbiera en su interior al conjunto de la investigación matemática, se convertiría precisamente en una «tecnomatemática» (entendida como conjunto de técnicas matemáticas, herramientas concebidas con vistas a las aplicaciones concretas). Si la educación obligatoria que ha recibido un adolescente le ha permitido construirse una base cultural sólida, tendrá tiempo y posibilidad de aprender las técnicas matemáticas que le resultaran necesarias en una u otra etapa de su vida profesional.

El papel formativo de las matemáticas puede estimular la curiosidad intelectual de los alumnos y alumnas, ese mismo interés por explorar las fronteras del conoci-

miento humano que ha guiado el desarrollo histórico de las matemáticas. Un filósofo, Hans Magnus Enzensberger, nos ha recordado con su libro *El diablo de los números* este aspecto fundamental de las matemáticas, fundamental porque trabaja con los fundamentos mismos del conocimiento humano. ¿Reducir las matemáticas a información, elaboración de hipótesis y diseño de estrategias puede ayudar a motivar y amar nuestra disciplina?

3. UN NUEVO PAPEL PARA EL PROFESOR DE MATEMÁTICAS

La clase de matemáticas debería ser uno de los lugares privilegiados, en la enseñanza obligatoria (primaria y secundaria), para afrontar temas filosóficos de tipo epistemológico, con el apoyo de la historia de la ciencia. Desde la aparición de los sistemas de numeración en las primeras civilizaciones, presentes en los primeros documentos escritos, al problema del cero y del infinito, a la discusión sobre la idea de verdad en las matemáticas y en otras ciencias, a la matemática como lenguaje de la física y de las ciencias a partir de la Revolución Científica, a la descripción de la realidad desde puntos de vista contrapuestos exacto/aproximado, determinista/aleatorio: se trata de cuestiones que están implícitas en muchos de los conceptos y procedimientos que se pretenden transmitir y en las actitudes que se pretenden fomentar, pero que deberían además ser objeto de una discusión con los alumnos que emerja periódicamente al hilo de diversos temas, y que constituya de esta manera un tema transversal de los contenidos y la programación de matemáticas.

Suscitar y guiar tal discusión depende estrechamente del talante y de la formación cultural del profesor. Esto nos lleva a algunas consideraciones finales sobre la figura del profesor de matemáticas. La pregunta es: ¿la formación que reciben los licenciados en matemáticas resulta apropiada a este fin? La formación de los profesores de matemáticas (y la formación matemática de los maestros) es objeto actualmente de una amplia reflexión internacional, estimulada en parte por los resultados de las comparaciones internacionales sobre el rendimiento de los alumnos. En los Estados Unidos, por ejemplo, después de los muchos proyectos de escritura de libros de texto para la enseñanza subvencionados por la National Science Foundation, diversos grupos de investigación se han concentrado en la escritura de libros de texto para los futuros profesores de los diversos niveles escolares.

Hace diez años, al examinar las posibles dificultades que habría podido presentar la introducción de la reforma de las matemáticas en la ESO, fue considerado con la atención que merecía el hecho de que muchos de los licenciados en matemáticas activos en la enseñanza habían recibido en general una formación universitaria de impronta bourbakista. Con este background, se presentaban serias dificultades tanto para enseñar matemáticas elementales con un lenguaje mucho menos formalizado y con aspectos intuitivos y visuales (una geometría sin álgebra o una probabilidad sin teoría de la medida), para introducir algunos aspectos prácticos, «tecnomatemáticos», relativos al tratamiento de la información, a la aproximación, etc.

La dificultad citada, en realidad, es parte de un problema más amplio que sigue aún abierto: el de una formación universitaria que permita al futuro profesor ver «las matemáticas elementales desde un punto de vista superior», parafraseando a

Felix Klein, ser consciente de los distintos niveles del lenguaje matemático y conocer los variados ámbitos de aplicación de las matemáticas, su pasado y sus perspectivas de desarrollo. Más en general, si se quiere salvaguardar el papel formativo básico de las matemáticas, es importante que los profesores sean capaces de dar un enfoque cultural amplio a la asignatura. Por lo tanto, se hace aún más aguda la exigencia de que la licenciatura en matemáticas no constituya un amasijo de materias, cuya introducción puede haber sido dictada por exigencias del mundo académico. Sería necesario inventar soluciones que permitieran ofrecer un panorama de conjunto de la disciplina y de las relaciones entre sus sectores; dejar espacio a la información bibliográfico-organizativa sobre el mundo de las matemáticas de hoy; crear espacios para la discusión de tipo filosófico-epistemológico (evitando transmitir la impresión de que la filosofía de las matemáticas equivalga a la lógica matemática); para quien esté interesado en ello, reflexionar sobre los problemas de la enseñanza de las matemáticas; introducir los aspectos de historia de las matemáticas para contextualizar los conocimientos; y ayudar a los estudiantes a orientarse entre los múltiples e inmensos cuerpos de doctrina, procurando que puedan entrever las modernas orientaciones de la investigación o los grandes problemas abiertos.

REFERENCIAS

- M. BUCCHI (2006), *Science and public participation*, en E. Hackett et al, *Handbook of science and technology studies*, New Edition, Cambridge (Mass.), The MIT Press.
- E. CASSIRER (1943), *Some remarks on the question of the originality of the Renaissance*, en *Journal of the History of Ideas*, IV, pp. 49–56.
- PH. DAVIS Y R. HERSH (1989), *Experiencia matemática*, Madrid/Barcelona, Ministerio de Educación y Ciencia/Editorial Labor.
- H. M. ENZENSBERGER (1997), *El diablo de los números. Para aquellos que temen a las matemáticas*, Madrid, Siruela.
- S. GARFUNKEL (DIR.) (1999), *Las matemáticas en la vida cotidiana*, Madrid, Addison-Wesley/Universidad Autónoma de Madrid, 3.^a ed.
- I. GRATTAN-GUINNESS (1994), *Companion encyclopedia of the history and philosophy of the mathematical sciences*, Londres y Nueva York, Routledge, 2 vol.
- D. HOLLINGER (1994), *The Knower and the Artificer*, en D. Ross (ed.), *Modernist impulses in the human sciences 1870–1930*, Baltimore y Londres, The Johns Hopkins University Press.
- J. HØYRUP (1994), *In measure, number, and weight. Studies in mathematics and culture*, Nueva York, State University of New York Press.
- G. ISRAEL (1996), *La mathématisation du réel. Essai sur la modélisation mathématique*, París, Éditions du Seuil.
- G. ISRAEL (2000), *Le jardin au noyer. Pour un nouveau rationalisme*, París, Éditions du Seuil.

- G. ISRAEL Y A. MILLÁN GASCA (2001), *El mundo como un juego matemático. John von Neumann, un científico del siglo XX*, Madrid, Nivola.
- J.-M. LÉVY-LEBLOND (1996), *La pierre de touche. La science à l'épreuve*, París, Éditions Gallimard.
- J.-M. LÉVY-LEBLOND (2007), *Faut-il faire sa fête à la science?*, en *Alliage. Science, culture, société*, 59.
- F. MARTÍN CASALDERREY (2000), *Cardano y Tartaglia. Las matemáticas en el Renacimiento italiano*, Madrid, Nivola.
- A. MILLÁN GASCA (1996), *El «ideal de la matematización»: la aplicación de las matemáticas a las ciencias biológicas, humanas y sociales*, en *Arbor*, CLIV, 606, pp. 72–102.
- A. MILLÁN GASCA (2000), *Matematica*, en *Enciclopedia Italiana, Appendice 2000*, Roma, Istituto della Enciclopedia Italiana, ad vocem.
- A. MILLÁN GASCA (2004), *Euclides. La fuerza del razonamiento matemático*, Madrid, Nivola.
- A. MILLÁN GASCA (2004), *All'inizio fu lo scriba. Piccola storia della matematica come strumento di conoscenza*, Milán, Mimesis.
- A. MILLÁN GASCA (2006), *Fabbriche, sistemi, organizzazioni*, Milán, Springer.
- D. ROSS (ED.) (1994), *Modernist impulses in the human sciences 1870–1930*, Baltimore & London, The Johns Hopkins University Press.
- H. SIMON (1996), *The sciences of the artificial*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 3.^a ed.
- L. SMOLIN (2006), *The trouble with physics. The rise of string theory, the fall of a science, and what comes next*. Boston, Houghton Mifflin. Traducción española: *Las dudas de la física en el siglo XXI. ¿Es la teoría de cuerdas un callejón sin salida?*, Barcelona, Crítica, 2007.
- C. P. SNOW (1977), *Las dos culturas y un segundo enfoque*, Madrid, Alianza Editorial (ed. original, 1959, 1963).

FRANCISCO MARTÍN CASALDERREY
Correo electrónico: fmc@mi.madritel.es

ANA MILLÁN GASCA
Correo electrónico: ana.millan@uniroma3.it