

LA EDUCACIÓN DEL INGENIERO

POR

D. FRANCISCO PÉREZ DE MUÑOZ

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

(CONTINUACIÓN) (1)

En dos disputas he tenido ocasión de estar presente para oír dos frases análogas que revelan un estado intelectual de tal perversión científica entre gentes ilustradas, que hace pensar muy seriamente en la necesidad de cambiar radicalmente un procedimiento que conduce á tales aberraciones.

Con motivo de algo, que no hace ahora al caso, disputábase, con el calor propio con que se toman, cuando se tienen pocos años, las cosas que menos le importan á uno, sobre la instrucción de los maquinistas de la Armada en comparación con la de los Oficiales de Marina. Sostenía el bando contrario al mío que la de los primeros excedía en mucho á la de los segundos y hacía notar uno de sus defensores los conocimientos de física que debían tener, y repasando uno por uno los capítulos de cierto libro de texto, que tenía él metido en la sese a como imagen y representación sensible de lo que la ciencia física era, dijo: «¿Y qué me dice usted del calor? El calor deben saberlo todos».

En otra disputa, la aserción de la parte contraria consistió, expresada casi en los mismos términos, en que á tales ó cuales les hacía falta saber toda el álgebra. La vida de un hombre no basta para saber *toda* el calor ni *toda* el álgebra, y tales conceptos del calor ni del álgebra se hubieran tenido, ni fuera posible tenerlos, si los estudios matemáticos y físicos hubieran sido llevados en la forma que apunto y que es imposible desarrollar más en el reducido límite de un discurso. Pero no se trata sólo de personas particulares. En varios programas se leen frases como ésta: Álgebra, *hasta* ecuaciones de segundo grado. Geometría plana y del espacio, *hasta* la esfera. Estereotomía *completa*. ¡Oh manes de Pitágoras y Eudoxio!, ¡oh espíritus de Platón y Aristóteles!, ¡sombras de Euclides y Apolonio!, ¡huesos de Arquímedes y Ptolomeo!, ¿no os dieron bastantes disgustos vuestros contemporáneos para que al cabo de veinticinco siglos estemos los *superhombres* aporreando vuestros oídos y escarneciendo vuestra memoria con la explícita manifestación de que no hemos conseguido entender aquella excelsa ciencia que con tanto esfuerzo alcanzasteis y con tanto esmero y trabajo nos transmitisteis? Pero veo que me pongo trágico y que no van á ser sus sombras, sino las de Esquilo y Aristófanes las que van á salir á mi encuentro.

Para terminar, pues, con la enseñanza de las matemáticas, con el fin de cultivar y desarrollar la inteligencia, conviene advertir que debe evitarse la extraordinaria facilidad en el libro de texto, de tal manera que, siendo siempre inteligible, y sobre todo exacto, requiera fijeza de atención para su estudio, cualidad, cuyo desarrollo debe procurarse desde los comienzos de la vida estudiantil, porque es imposible entender sin atender, y la edad y los compañeros y el echárselas de tener ciencia infusa y otras mil dificultades de orden moral, debilitan la atención del alumno, la cual por cuantos medios sea posible hay que tener siempre alerta y fija. La atención va siempre unida al agrado con que se presenta la materia, pero el agrado es más fácil mantenerlo en clase que en el libro de texto, de modo que éste debe sostener la atención necesaria para su inteligencia, aun sin poder recurrir á mil medios que están en manos del profesor durante las horas de explicación. Además, la ley del mínimo medio es ley física, mas no

es ley moral, y el máximo medio se encuentra con mucha frecuencia empleado por cuantos han pensado en llevar á cabo grandes empresas, y desde Demóstenes, dificultando su difícil pronunciación con piedras dentro de la boca, hasta Hernán Cortés, siguiendo el camino más lleno de dificultades para llegar á Méjico, la historia de la Humanidad está llena de ejemplos de grandes hombres, siguiendo las más difíciles sendas para la consecución de sus fines. *Per ardua ad astra*, que decían los latinos.

El orden lógico de presentación de los principios de la ciencia es casi invariablemente de menor á mayor dificultad, y, sin embargo, los últimos principios se adquieren más fácilmente que los primeros, á causa, muy principalmente del ejercicio y fortalecimiento consiguiente, á que la inteligencia estuvo sometida durante el tiempo de su adquisición. Para llevar á cabo este fortalecimiento hasta el punto donde sea posible, es preciso, pues, enseñar la ciencia en el grado de abstracción que el actual desarrollo de la misma consienta, y este grado de desarrollo máximo lo dan los más modernos métodos, conceptos y procedimientos, porque si ellos no tuvieran estos caracteres se hubieran abandonado por otros más antiguos, que al adoptarse y remozarse tendrían este carácter de más moderno. Luego siempre se puede afirmar que los métodos más modernos conducen al máximo ejercicio intelectual, á la máxima adquisición de ciencia, condensación de principios y generalización de ideas.

Enfrente de esta teoría nos encontramos con una escuela modernista que ha adquirido cierta boga y cuyas tendencias conviene examinar, porque aunque se la presenta como opuesta á la que acabo de exponer, quizás no lo sea del todo, sino que sean dos modos ó procedimientos aplicables á distintos casos, y que por transiciones insensibles se pase de uno á otro extremo. Consiste este procedimiento ó este sistema en sostener que la enseñanza de las matemáticas debe ser muy elemental, los libros de texto muy sencillos, dándolo todo masticado y deshecho al alumno, para que con muy poca atención lo comprenda y con menos comprensión lo practique, que la tal enseñanza debe tener por fin impresionarlo con muy pocas especies de mucho uso y sin relacionar entre sí más que cuando natural y espontáneamente aparecen relacionadas; esto es, presentar el estudio de las matemáticas como una serie, más ó menos larga, de recetas aisladas como se pueden presentar las de un libro de cocina.

Desde luego que el valor educativo de la ciencia matemática así enseñada es nulo absolutamente, pero también es verdad que no se pretende implantar el sistema como procedimiento de ejercicio intelectual, como método de educación, sino como forma de aprovechamiento de rezagados, asilo de arrepentidos y hospicio de desheredados, tres fines altos y elevados y humanitarios y no faltos de utilidad económica, pero que no es precisamente el fin de formar al Ingeniero cuando se toma para ello como materia prima, al adolescente con capacidad suficiente, salud á prueba y medios de fortuna bastantes para poderse sostener á su propia costa durante los largos y felices años de estudiante, ó voluntad enérgica de hacerlo, pasando estrecheces inevitables en muchos casos.

Aquel que por holganza ó falta de salud se haya quedado atrasado en los años de su mocedad y esté empleado en menesteres que á sus aspiraciones dieran poca satisfacción, aquel que antes de tirar su última peseta entra en cuentas consigo mismo y la emplea en adquirir alguna instrucción con la que poder más ó menos trabajosamente vivir, y finalmente el niño dispuesto y aplicado, pero de pocos medios de fortuna, á quien importa conseguir el ayudar á su madre para poder seguir luego ambos trabajando con más desahogo, es muy natural que pretendan aprender las matemáticas tan económicamente como les sea posible adquirir.

(1) Véase el núm. 2217.

rir las, para allegarse un caudal de conocimientos útiles que poder aplicar con la inteligencia que Dios les dió, sin más cultivo, más abono, más gimnasia ni ejercicio, que el muy violento de tomar de las horas de descanso el tiempo necesario para emprender estos trabajos. Ahora bien, me parece evidente que las sociedades modernas presentan estos tres tipos que he llamado rezagados, arrepentidos y desheredados y aun otros muchos más que quizás participen algo de cada uno de ellos, en número suficiente para justificar la preocupación que en ciertos espíritus elevados levanta por una parte su existencia y en otros interesados, levanta por otra la necesidad de atender á sus requerimientos y aspiraciones; que satisfechas que sean, proporcionan abundante carne de judío, ingenieros baratitos, incapaces de ser nunca más de lo que se quiere que sean, porque aquellas inteligencias no han sido, por varias razones, á tiempo cultivadas, engrandecidas y elevadas. Para estos tales el sistema admite defensa, porque el trabajo á que pueden dedicarse, después de los estudios, no es tan rudo como el del operario de taller y está algo mejor remunerado, pero si á ellos debe aplicarse el apelativo de *ingeniero* ó el de maestro de obras, maestro de taller, maestro mecánico, delineante; algo que implique rutina, pero no en manera alguna genio, es cuestión que se prestaría á muchas discusiones.

Intimamente ligado con este punto está el de las escuelas por correspondencia que, en ninguna especialidad del saber humano están tan extendidas como en las diversas de la ingeniería y acerca de las cuales conviene hacer exactamente las mismas observaciones, pues sirven para los mismos casos, emplean iguales métodos y conducen á idénticos fines, como no niegan sus prospectos.

También sería esta ocasión de hacerse cargo de ciertas objeciones que algunos oponen al valor educativo de las matemáticas en general, esto es, para cualquiera clase de hombres y cualquier destino que hayan de dar á sus personalidades. Sería salirnos completamente del marco trazado á este discurso el entablar semejante discusión; sólo aspiro á dejar bien asentado el principio de que el fundamento sobre el que el Ingeniero ha de establecer sus conocimientos, es el estudio de las matemáticas y que éste como ningún otro elevará su inteligencia, la fortalecerá y adaptará á la clase de razonamientos que constantemente ha de emplear en el ejercicio de su profesión, y no se la rebajará para ninguna otra.

Admitido el valor educativo de la ciencia matemática, por lo menos para los fines que el Ingeniero persigue, veamos ahora cuál es su utilidad práctica y si para conseguirla es ó no conveniente la extensión y amplia concepción que se desprende de las definiciones dadas más atrás.

No debe perderse de vista que es preciso en estos tiempos que corremos estudiar mucho y por lo tanto el arte de enseñar debe adaptarse á esta necesidad, presentando los conocimientos en pocos principios, muy fecundos, con relaciones muy claras y marcadas entre sí, para derivar de principios fundamentales y relaciones inmediatas todos cuantos principios secundarios, terciarios y milenarios sean necesarios, hasta venir á las recetas de inmediata aplicación práctica, á esas de que están compuestos *formularios* y *vade mecum*, *pocket-book*, *agendas de bolsillo*, etc., etc. Pues con esto presente, para enseñar mucho en poco tiempo y con pocos principios y menos palabras, no hay más remedio sino que los dedicados á esta penosa é ingrata tarea condensen y resuman cuanto posible sea el caudal de principios que haya que dar á los alumnos de manera que, como dice Jiménez Rueda en el prólogo de su excelente geometría métrica, «no hay más que una solución: suprimir lo superfluo y perfeccionar el método de modo que con el trabajo intelectual con que aprendía como uno aprenda como cinco» y para ello cita efectivamente cinco teoremas

distintos sobre líneas en el triángulo y luego uno que los condensa todos «debiendo añadir», dice este autor, «que la demostración de este teorema general es tan sencilla por lo menos como la de aquel de los cinco que la tenga más sencilla». Pues este ejemplo es imitable en todo y precisamente persiguiendo estos fines de condensación de principios para hacer posible adquirir muchos de ellos en pocas sentencias, se ha venido poco á poco transformando la ciencia y métodos matemáticos hasta venir á parar al estado actual de ellas, y las, al parecer, extrañas definiciones apuntadas antes, porque precisamente en esto consiste el que cierto número de verdades más ó menos difícilmente adquiridas formen ciencia, en su agrupación, condensación y relación, y ésta se hace tanto más necesaria cuanto mayor sea la frecuencia con que haya de ser enseñada á los principiantes, menos el tiempo disponible, más la rudeza de sus inteligencias, y así la misma necesidad de la enseñanza depura, aclara y fortalece los principios de las matemáticas y es mucho más fácil enseñarlas y transmitir las en este estado que no en el de difusión caótica primitiva ó en otros estados no tan perfectos en que se hallara en otros tiempos. Así es que negar al Ingeniero la enseñanza de las matemáticas en el estado de perfección en que se encuentren al tiempo que deba adquirirlas, y la mayoría de las veces porque para aquellos que debieran de enseñarlas pasó ya la era de los libros, aunque no la de la cobranza, es dificultar la adquisición de la ciencia por el estudiante de la profesión, reducir el desarrollo intelectual que deba adquirir en el estudio obligándole á trabajar en terreno más estéril y limitar la extensión de las aplicaciones que inmediatamente puede hacer de las mismas, es, diré empleando un neologismo y barbarismo al mismo tiempo, *mediatizar* la profesión, desgraciadamente por los mismos que la ejercen; para quienes menos cabe de defensa.

Quéjense algunos profesores de que enseñadas las matemáticas ó al menos ciertas partes de ellas de este modo, absolutamente el más adelantado que permita el estado de la ciencia, lleguen algunos alumnos á los exámenes mostrando dudas y vacilaciones en las partes elementales de las asignaturas, lo cual no es imputable al sistema sino á mala preparación del alumno en esta parte calificada de elemental y que quizás no lo sea, y quéjense también de que teorías elevadas que en este método de enseñanza es preciso enseñar, no encuentran aplicación en otras asignaturas de la carrera, lo cual querrá decir que estas asignaturas de la carrera no están establecidas con la elevación, esplendidez, magnificencia y perfección de que son capaces, y, sólo muy raras veces, que sean absolutamente incapaces de más altura, porque ciertamente que para bachear una carretera, no hace falta geometría analítica, y sobra el cálculo en cualquier forma que se le enseñe; pero, gracias á Dios, no todo es bachear y no sólo ya pasaron los tiempos en que el aprender á hacerlo, constituía temible asignatura en alguna escuela, sino que la tendencia de los tiempos es más filosófica que hace años y quita nombre y carácter de ciencia á muchos usurpadores de tan sagrado nombre. La indulgencia que preparadores y tribunales de examen muestran hacia la primera de las faltas citadas, prueba que, en sí misma, no es tan grave y que es fácilmente remediable y aunque ella se remedia sola con el transcurso de otros estudios y ejercicios.

La segunda falta es más difícil de remediar por la necesidad absoluta de dividir la enseñanza en partes ó asignaturas á cargo de varios profesores cuyas tendencias y sistemas son varias veces incompatibles, lo cual quiere decir que la intercomunicación que debe haber entre ellos debe ser continua y franca y aun quizás que este sistema pueda ser reformado ó sustituido por algún otro, como más adelante apuntaremos.

Supongamos un alumno familiarizado con las teorías geomé-

tricas de transformación de figuras, con los puntos, rectas y planos del infinito, y aun si se quiere con los complejos de rectas. Llega á estudiar el movimiento del cuerpo sólido como fundamental preparación sin la cual no sabrá jamás lo que una máquina sea, é inmediatamente su imaginación le presentará las velocidades de los puntos y sus normales y verá en ellas el complejo de rectas, con su diámetro y para cuando le hayan enseñado el eje central del cuerpo, habrá dos horas que él lo haya visto en el eje del complejo. Pues si la imaginación le presenta el movimiento como transformación homográfica, en seguida considerará como fijo el plano del infinito puesto que se trata de movimientos finitos y se echará ansioso sobre él para buscar los puntos dobles, que allí sólo pueden estar, para definir la clase de transformación que sea. Una esfera del cuerpo en tal posición, sigue siendo esfera en cualquiera otra que tome, pero todas las esferas del espacio cortan al plano del infinito según un mismo círculo imaginario Ω ; por tanto, no sólo el plano del infinito, sino este círculo imaginario deben quedar fijos é inalterados.

Un sistema de puntos P , considerado en él, se transformará en otro de puntos Q situados también en él y la relación anarmónica de cuatro de los primeros será igual á la de los cuatro correspondientes de los segundos y ambos sistemas P y Q tendrán dos puntos dobles, correspondientes á sí mismos, y la cuerda que los una será real y las tangentes al círculo imaginario en estos puntos dobles serán rectas imaginarias que se cortarán en un punto real, polo real de la cuerda real en el círculo imaginario y fácilmente demostrará que este punto de intersección de tangentes encierra dos puntos dobles, y en seguida verá en él el punto del infinito del eje central de deslizamiento y rotación. Y todo esto sin trazar ninguna figura y sin que sea posible la trace porque no puede trasladarse al plano del infinito ni á las regiones imaginarias del espacio. Y entretanto se desesperará viendo al profesor pasito á pasito elegir un punto de cuerpo, buscar el mismo punto en la segunda posición, llevar por medio de una traslación, *que previamente ha tenido que estudiar*, al cuerpo de la primera posición á cierta posición intermedia y luego por medio de una rotación, *que también ha tenido que estudiar* con anterioridad, de la posición intermedia á la definitiva y luego demostrar que cualquiera que sea el punto elegido, la rotación habrá de ser la misma y, por último, elegir la traslación mínima para hallar el eje del complejo ó la recta cuyo punto del infinito era aquella intersección real de las dos tangentes imaginarias. Se me dirá que el tiempo ahorrado para esta investigación no compensa el empleado en enseñar las teorías necesarias para su comprensión, y así puesta la cuestión, tendrán razón los que tal sostengan, pero esta investigación no es única, ni para una ni para otra de las dos teorías apuntadas antes, y ya hemos visto que de una nace la verdadera estática gráfica y de la otra cuanto se quiera, pues hay pocas teorías tan fecundas como la de transformación homográfica. Y siendo tantas las aplicaciones de estas teorías no cabe duda que ahorran mucho tiempo y al mismo tiempo preparan y predisponen para otras muchas más altas y elevadas investigaciones y para muchísimas aplicaciones prácticas.

Pocos motivos de adelantamiento en las ciencias hay tan poderosos como la necesidad de su enseñanza: y, en efecto, de los dedicados á ella salen la mayoría de sus adelantos y perfeccionamientos, precisamente con la mira de facilitar el trabajo de sus alumnos, y éste, tan meritorio y costoso, se quiere hacer estéril é inútil por la poderosa razón de que de estos profesores que adelantan y perfeccionan las ciencias, hay pocos y seríamos muchos los que tendríamos que salir de nuestra rutina para adaptarnos á los nuevos métodos. He aquí el secreto y, vístase con el ropaje con que se le quiera disfrazar, no hay otro.

Otra ventaja de la elevada educación matemática es la de que muchas veces el Ingeniero se ve constreñido á vivir en un ambiente de rudeza y tosquedad grandes y lo que es peor aún, de indolencia y desidia, de apatía é inacción mayores, y para no contaminarse no hay nada como esta elevada preparación científica, llevada hasta el grado de hacer amar la ciencia por los encantos que proporciona al entendimiento su cultivo, único modo de combatir el peligro del rebajamiento intelectual que el aislamiento produce.

Con el nombre de educación hemos venido, reseñando hasta ahora puntos que solamente se refieren á la instrucción del Ingeniero, porque realmente el resto de su educación en nada debe diferir de la de los demás hombres honrados. Religión de hombres honrados llamó Cervantes á la milicia, y me parece á mí que no tendría inconveniente en admitirnos á su lado en su misma galera el ilustre manco.

Sobre educación moral, base y fundamento de toda la educación general del individuo, se ha escrito mucho, y ni es este el lugar, ni el que os dirige la palabra la persona autorizada para entrar en tan delicado asunto. Baste sentar que el Ingeniero debe poseer educación moral tan sólida como cualquier hombre honrado.

Nos queda por examinar la educación física, punto importante, porque el trabajo corporal del Ingeniero es en general grande y el esfuerzo de ánimo que tiene que desarrollar para algunos actos no deja de tener importancia muchas veces. La profesión que mayor tanto por ciento de víctimas causa entre todas aquellas que profesan los hombres es la marina, sobre todo la industria de la pesca. A los peligros del líquido elemento se unen generalmente los apremios de la pobreza, y el pescador sale á la mar muchas veces con menos elementos de defensa de los que algunos pudieran emplear para salir de paseo.

Después de las industrias de la mar, la que da más víctimas es la minería, industria eminentemente ingenieril, y el Ingeniero de minas debe ser de ánimo esforzado para mirar cara á cara el peligro y estar siempre frente á él y para llevar cerca del mismo los operarios cuyo trabajo le está encomendado. El Ingeniero de minas y el Ingeniero que se dedique á la construcción de puertos y faros tienen la espada de Damocles sobre su cabeza, y es menester infundir en ambos, desde jovencuelos, la serenidad de espíritu, que tantas víctimas evita y tantas desgracias ahorra, y apartar cuidadosamente el de temeridad que, por confusión con el valor, tantos adoptan desde pequeños y habituándose á él los tiene colgados de un hilo hasta que perecen en el peligro. No olviden los jóvenes Ingenieros aquellos versos de Ercilla:

«El miedo es natural en el prudente,
y el saberlo vencer es ser valiente.»

y si el miedo no lo tienen por ellos, téngalo al menos por el personal que les está encomendado, cuyas vidas son tan preciosas como la suya y en los cuales se multiplicarán las imprudencias que vean hacer á sus directores. Este poco de valor personal, este esfuerzo de ánimo, generalmente más necesitará comprensión que expansión y la función educatriz consistirá precisa y preferentemente en encerrarlo dentro de justos límites, porque el que no lo posea naturalmente, no elegirá para su desempeño profesiones que lo exijan, sino otras en las que su ejercicio no lo necesite.

(Continuará.)

