Maurice A. Biot

LA CIENCIA Y EL INGENIERO

De "CIENCIA Y TÉCNICA", *Revista del Centro Estudiantes de Ingeniería*, LA LÍNEA RECTA

Vol. 133, N° 673, págs. 288 a 292

1964

La ciencia y el ingeniero

por MAURICE A. BIOT

Resumen. — Se analiza un problema de actualidad: las relaciones entre la ciencia y la ingeniería. Se vierten juicios y opiniones sobre las funciones de hombres de ciencia y de ingenieros, y se dan algunas recomendaciones sobre la enseñanza y la práctica de la ingeniería.

Summary. — In this paper, an analysis is made of the relations between science and engineering, which nowadays go through a crisis. The functions of scientists and engineers are critically discussed, and suggestions are made for the improvement of engineering teaching and practice.

Mucho se ha dicho y escrito sobre el ingeniero y su relación con la ciencia (*). Los ingenieros, según las funciones que desempeñan al ejercer su profesión, tienen tendencias a colocar a ésta en diferentes lugares de una gama que se extiende desde la aplicación de la ciencia hasta un arte práctica. Tanto la división en horizontal, que las diversas ramas crean en la ingeniería, como la estratificación, debida a las muy variadas funciones que la caracterizan, tienden a formar numerosos grupos de ingenieros con poco contacto entre sí. No es extraño, pues, que a los mismos ingenieros les resulte difícil ver en qué consiste, en conjunto, su profesión. Análogamente, les resulta difícil distinguir el rumbo que está tomando y formarse una opinión firme del papel del ingeniero en la sociedad contemporánea. En tiempos recientes, la ingeniería parece haber entrado en una etapa de confusión y de crisis hasta el punto de que hay quienes creen que el ingeniero, incapaz de comprender la era científica, va a ser suplantado por hombres de ciencia. En vista de este peligro, no faltan quienes tratan de convertir rápidamente al ingeniero en formación, en un hombre de ciencia. Es bien cierto que la ingeniería emplea, y va a emplear, cada vez más el método científico, pero, francamente, parece disparatado pensar que una actividad, en la que es tan importante diseñar, planear e inventar, pueda reducirse a una mera actividad científica. Porque consideramos que este breve discurso de M. A. Biot plantea, en apretada síntesis, cuestiones de interés vital para la ingeniería traemos gustosamente su contribución a esta serie. Es evidente que sus juicios y opiniones le pertenecen y cuentan con el respaldo de su larga experiencia y profundo conocimiento, pero no hay duda de que pueden ser discutidos; en realidad esperamos que su publicación en castellano estimule la discusión entre los lectores de *Ciencia y Técnica* interesados en el desarrollo y el progreso de la ingeniería en América Latina. El autor se refiere al problema tal como se presenta en los Estados Unidos de América, pero la mayor parte de sus observaciones son de carácter bien general.

Maurice A. Biot nació en Amberes en 1905. Luego de cursar estudios

(*) Ver, por ej., el artículo de P. Sporn en "Energía", enero-abril 1964.

secundarios en Francia y Bélgica, realizó estudios, de Filosofía primero y de Ingeniería después, en la Universidad de Lovaina, obteniendo finalmente el título de Doctor en Ciencias en la misma universidad. De 1931 a 1936 gozó de varias becas que le sirvieron para graduarse de Doctor en Ciencias Aeronáuticas en el Instituto Tecnológico de California y para realizar estudios de postgraduación en varias universidades de Europa y Estados Unidos. Sus actividades ingenieriles han sido variadas, cubriendo especialidades y funciones diversas tanto en organizaciones oficiales como en las privadas, habiendo ocupado posiciones docentes en las universidades de Columbia, Harvard, Lovaina y Brown. Está nuestro autor muy bien calificado para hablar sobre la ciencia y el ingeniero. Recientemente le fue acordada la medalla Stephen Timoshenko, y fue precisamente al recibirla que pronunció los conceptos que damos a conocer a continuación.

El Profesor Biot ha publicado más de cien artículos sobre variados temas (tales como Teoría Electromagnética, Elasticidad, Aerodinámica, Termodinámica, Sismología), pero la mayoría de los lectores reconocerán seguramente en él al autor, al lado de Th. von Kármán, de un libro sobre métodos matemáticos de la ingeniería, cuya versión castellana ha tenido gran difusión. Cabe mencionar que este libro ha sido traducido además al francés, ruso, portugués, japonés, turco, polaco, húngaro e italiano.

Esta versión castellana de "Science and the Engineer" se debe al Ingeniero Antonio Pita, estudiante de doctorado en "State University of Iowa". Se agradece muy especialmente la gentileza de "Applied Mechanics Reviews" en autorizar la publicación de este artículo.

DR. ENZO OSCAR MACAGNO.

Investigador de la Universidad de Iowa.

Como todo el mundo sabe, toda medalla tiene dos caras. La cara alegre es, en este caso, el estímulo para el que la recibe. La cara triste es la que vosotros tendréis que soportar conmigo; me refiero, naturalmente, al discurso de regla.

Ante todo quiero expresar que es un gran honor verse asociado al nombre de Timoshenko, el maestro y sabio, gran ingeniero y hombre de ciencia. Hay un acuerdo general en que el elevado nivel de la enseñanza y de la aplicación de la mecánica del estado sólido en EE. UU. se debe a su influencia y a su labor docente. Para mí, sin embargo, el nombre de Timoshenko simboliza mucho más que el premio y el honor, pues evoca una fase y una tradición brillantes de la ciencia y de la ingeniería, cuya práctica parece estar ahora en declinación. Tal es la tradición de la claridad, la simplicidad, la comprensión intuitiva, la profundidad sin pretensiones y la evitación de lo inconsecuente.

Por supuesto, no hay mérito en lo alambicado por sí mismo; lo que es importante en la comprensión del mundo físico (particularmente en el dominio de las aplicaciones tecnológicas) es darse cuenta de lo que es inconsecuente. Para la apreciación del nivel de importancia se requiere una capacidad de valoración que depende de hábitos sutiles de pensamiento originados en los dones naturales y en la experiencia previa.

No deberíamos descuidar la importancia de la simplicidad combinada con la profundidad de comprensión, que además de su valor cultural cons-

tituye una base de la metodología tecnológica, pues conduce a predicciones cuantitativas sin cálculos laboriosos y caros, y sugiere nuevas invenciones y soluciones simples de problemas ingenieriles. Por otra parte, además de evidentes ventajas económicas, también trae confiabilidad, que es una importante cualidad del diseño ingenieril. A este respecto, uno no puede omitir un recuerdo de nuestra desalentadora historia de fabulosos costos y de repetidas fallas en el campo de la cohetería.

Una comprensión más profunda de los aspectos físicos combinada con una simplicidad teórica facilita el inmediato acceso al centro mismo de problemas complejos y nos da soluciones directas, sin rodeos. Esto no puede lograrse con métodos que resultan alambicados y pesados aun en casos sencillos. El proceso mental de que hablamos puede describirse como "eliminación de largo trámite burocrático científico" y evitación de los lentos molinos del conocimiento científico formal. Es claro que el conocimiento formal es necesario pero, como todo en la vida, lo acertado está ligado a una cuestión de balance. El sentido instintivo de esta verdad se encuentra más a menudo en el político que en el hombre de ciencia; sin embargo, es esencial como cualidad de un ingeniero competente.

Las dudas sobre la función del ingeniero en nuestra cultura tecnológica cada vez más compleja han sido expresadas por las crudas preguntas: "¿Es el ingeniero obsoleto? ¿Debiera ser reemplazado por el hombre de ciencia? Aunque tales preguntas son producto de la ignorancia, la situación es tal que, por lo menos en EE. UU., ellas hallan un eco respetable.

¿Qué podemos decir de los físicos? Hablando en general y con el debido respeto por personalidades dotadas con excepcionales cualidades naturales, yo creo que el físico ha abandonado su propia tradición y ha tendido a convertirse en víctima de estrecha especialización. La física nuclear, la física de las partículas, la física del estado sólido, la espectroscopía, la física del plasma, todas reclaman sus víctimas. Muchos físicos ignoran casi totalmente la mecánica clásica y no son capaces de entender la formulación de problemas sencillos a menos que se puedan reducir a la solución de una ecuación de Schroedinger.

En lo que se refiere a los matemáticos, se ha llegado a una situación completamente opuesta a la que existía en el pasado. Muchos de los grandes nombres en la historia de las matemáticas del siglo diecinueve pertenecieron a distinguidos ingenieros. Cauchy, que se graduó como ingeniero civil y practicó la ingeniería civil por muchos años, es uno de los ejemplos notables. Estos hombres eran de una progenie diferente, abarcaban el conocimiento científico con mayor profundidad y tenían una visión más amplia que la de los matemáticos profesionales de hoy en día.

Cualquiera sea la causa del cambio, nos encontramos con el hecho de que la matemática ha venido a ser dominada por un formalismo abstracto. Está cada vez más deshumanizada y separada de sus raíces en el rico y nutritivo terreno de la física y la ingeniería así como de otras ciencias naturales. Lo que debiéramos llamar matemática aplicada no

existe por sí mismo, sino que describe esencialmente una función y una pericia en las cuales la ciencia matemática halla alimento.

Mucho de la llamada matemática aplicada hoy en día es casi diametralmente opuesta a tal función, está en cambio impregnada de minucioso rigor adobado en un lenguaje pretencioso. Realmente, parece que se quisiera obscurecer y rodear de un aura de misterio y profundidad lo que es a menudo simple y hasta trivial. Hay que reconocer que esta tendencia hacia un formalismo carente de contenido humanístico y este énfasis de la forma a costa de la substancia no se encuentran solamente en la ciencia, prevalecen en nuestro arte contemporáneo y en nuestra literatura y resultan ciertamente de profundas, y quizás autodestructivas, corrientes subterráneas de nuestra cultura.

Tal tendencia marca una retrogradación hacia los abusos del escolasticismo medioeval y un apartamiento de esa íntima amalgama de ciencias y artes tan característica del Renacimiento. Viene aquí muy al caso algo que dijo Don José Ortega y Gasset(*):

“No es, pues, la vida para la inteligencia, ciencia, cultura, sino al revés: la inteligencia, la ciencia, la cultura, no tienen más realidad que la que les corresponde como utensilios para la vida. Creer aquello es caer en el vicio intelectualista, que ha sido causa varias veces en la historia del fracaso de la inteligencia.”

Hablando en términos generales, el matemático profesional de hoy en día es un especialista en rigor y sistemas lógicos. Su falta de flexibilidad lo vuelve incapaz de ejercer una de las funciones más esenciales de la matemática en las ciencias naturales y en la ingeniería, que es la de separar lo esencial de lo secundario, en simplificar la descripción de fenómenos complejos y en sintetizar y unificar la substancia más bien que la forma. No tengo tiempo para detenerme en detalles y por eso cito solamente el brillante tratamiento de las ecuaciones de Navier-Stokes por Ludwig Prandtl en su famosa teoría de la capa límite.

Hay, sin embargo, un aspecto más nefasto de esta situación, que tiene que ver con la educación de los hombres de ciencia y de los ingenieros. Permittedme recordaros que la capacidad para intuir se asemeja mucho al talento artístico: puede ser desarrollada o apagada según sean el ambiente y el entrenamiento. El rigor y el formalismo abstracto son aspectos técnicos de la matemática que pueden realmente esterilizar la inventiva. Ellos son para el especialista; el estudiante de ingeniería debiera ser expuesto a ellos solamente como una experiencia, pero no debieran im-

Nota del Traductor. — El autor ha tomado esta cita de “Man and Crisis”, título inglés dado al libro “En torno a Galileo”. Como es natural, buscamos el original en español para dar la cita en esta traducción, y no pudimos evitar releer extensamente a Ortega y Gasset. Recomendamos al lector que haga lo mismo; descubrirá cuánto de profeta tuvo el eminente español. Para mejor comprensión de la cita dada por el Profesor Biot nos permitimos reproducir las palabras que la preceden: “. . . no hemos venido a la vida para dedicarla al ejercicio intelectual, sino, viceversa, porque estamos, queriéndolo o no, metidos en la faena de vivir, tenemos que ejercitar nuestro intelecto, pensar, tener ideas sobre lo que nos rodea, pero tenerlas de verdad, es decir, tener las nuestras”.

pregnar su pensamiento ni pasar del punto en el cual pueden comenzar a inhibir las facultades intuitivas.

En muchas escuelas el núcleo del conocimiento físico-matemático se halla sumergido bajo una montaña de cursos especiales de tipo fuertemente abstracto y formalístico. Se insiste en ellos en el conocimiento formal más bien que en la comprensión y no ofrecen un clima favorable al talento creador. No debiera olvidarse que una de las funciones importantes de una escuela es desarrollar y estimular talentos y que no se trata solamente de transmitir conocimientos.

Para empeorar las cosas todavía más, presenciamos ahora la introducción del método axiomático abstracto en las matemáticas de la escuela secundaria. Esto significa un grave peligro para nuestro futuro nivel científico y tecnológico. Se ha dicho: "Instrucción es la clase de ignorancia que caracteriza al estudioso". Yo no quiero menospreciar la estudiosidad, pero no creo tampoco que el conocimiento debiera ser un obstáculo para la comprensión.

Como ya me he extendido bastante sobre los aspectos sombríos de la cuestión, quisiera ahora concluir estas observaciones con una nota optimista. Confiemos en que se produzca una révitalización del humanismo y del espíritu de síntesis en la ciencia. Tratemos de poner un nuevo énfasis en la ingeniería como arte profesional que requiere gran habilidad, talento natural y consideración social; reconozcamos que la ingeniería es netamente diferente de las profesiones científicas en sí mismas. Se notan, ya, fuerzas en esta dirección. Me inclino a creer que los ingenieros y las escuelas de ingeniería tendrán un papel importante en la restauración de la unidad y de un punto de vista central en las ciencias naturales. Esto es así porque la moderna ingeniería, por su misma naturaleza, debe ser sintética. La especialización llevada a extremos es una forma de decadencia y aniquilación.

Se podría, en realidad, formular un principio de degradación del conocimiento análogo al segundo principio de la termodinámica. Ella representa una fuerte tendencia que solamente se puede contrarrestar mediante una lucha difícil y dura, que no debe ser luchada por comisiones u organizaciones sino por unos pocos individuos. En este aspecto, mucho puede venir de las pequeñas escuelas; ellas debieran crear un ambiente mejor para la maduración pausada del pensamiento y para el proceso de nucleación, y esto debiera hacerse con un grupo muy pequeño de gente muy capaz.

Ha sido costumbre de los que reciben un premio el aprovechar la oportunidad para discurrir sobre problemas corrientes de interés para su profesión. Si bien no pretendo haber expuesto ideas realmente nuevas, creo que las he reforzado dentro del cuadro de la tradición establecida por Timoshenko. Creo que todos estamos de acuerdo en que los ingenieros van a jugar un papel muy fructuoso y esencial en la futura síntesis y révitalización de las artes tecnológicas, tanto en la práctica como en la enseñanza.