

SERIE

ENSEÑANZA
DE LA
INGENIERÍA

REFLEXIONES SOBRE LA ENSEÑANZA DE INGENIERÍA

José A. Jiménez Salas.

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Profesor Emérito de la UPM. Miembro de la Real Academia de Ciencias.

RESUMEN

En forma de ficticia entrevista, el Autor señala las contradicciones que deberemos sortear en la formación del Ingeniero, debidas a la naturaleza polifacética de éste. Debemos instruir al alumno en los paradigmas de la Técnica actual a sabiendas de que serán sobrepasados muy pronto. La esencia de la Educación Universitaria, que la diferencia del entrenamiento o peritaje, es preparar a resolver los problemas del mañana. El camino pasa por la "familiaridad con la Ciencia" que no significa que el Ingeniero haya de ser profesionalmente científico.

ABSTRACT

In the form of a mock interview the author mentions the sophisms to be avoided in the training of engineers, sophisms that arise from the amplitude of the course. The student must be trained in the practises of present-day technology, even though these will soon be obsolete. The essence of university education, which distinguishes it from technical training, is that it prepares the student to solve the problems that will arise in the future. This implies a good scientific knowledge, which does not mean that an engineer has to be a professional scientist.

Resulta imposible plantearse las cuestiones de la enseñanza de la Ingeniería de Caminos Canales y Puertos sin haber definido previamente los datos del problema:

El Ingeniero de Caminos Canales y Puertos
La Enseñanza Universitaria.

Y, abriendo un poco más el diafragma, tendríamos que contemplar los de la identidad del Ingeniero en general, porque no nos engañemos: la Humanidad se ha pasado muchísimos siglos sin Enseñanza Universitaria y todavía seis más sin la Ingeniería de Caminos Canales y Puertos y ahora, que tanto hablamos de Matemáticas Borrosas, no deberíamos prescindir de la consideración de Profesiones Borrosas y de Instituciones de Enseñanza Borrosas. Ciertamente, parece razonable pensar que las trayectorias de esos entes vayan a moverse todavía algún espacio dentro de unos ámbitos

conocidos, pero a estas alturas de los tiempos nada me parece hoy imposible y, por otra parte la perspectiva que hoy todos pretendemos entrever del tercer milenio debería obligarnos a plantearnos los problemas enunciados en toda su amplitud. Todo el mundo cree que todo va a ir más deprisa, y vamos a admitirlo aunque pensemos que pudieran tener razón los pesimistas que han hablado de una nueva Edad Media, y ¿cuántas Edades Medias habrá conocido la Humanidad? y, si todo va a ir más deprisa, también la Edades Medias pudieran sucederse más rápidamente.

Al fin y al cabo, el Siglo Veintidós tampoco está muy lejos y en las tres o cuatro generaciones que puede comprender es de esperar que se siga admitiendo la Ingeniería, tal como la entendemos hoy, como una rama de la Técnica, aunque se lleguen a utilizar denominaciones fantásticas que en muchos casos no responden con exactitud a la realidad (tales como la Ingeniería Genética y no ol-

Se admiten
comentarios a este
artículo, que deberán
ser remitidos a la
Redacción de la ROP
antes del 30 de
junio de 1997.

Recibido en ROP:
marzo de 1997

videmos a la Ingeniería Financiera, que es como el hijo drogadicto que a veces se da en las mejores familias).

Antes de nada, no me cabe duda de que el transfondo científico caracteriza al Ingeniero y que deberá seguir siendo así, ya que el progreso de la Técnica ha sido posible, en gran parte, gracias a la ayuda de la Ciencia, y que esta ayuda ha consistido esencialmente en la abstracción de características particulares, permitiendo así la formulación de leyes generales.

—*Perdone la interrupción, D. José Antonio, pero yo le he oído decir más de una vez que la Técnica ha ido casi siempre por delante de la Ciencia y que la Humanidad ha hecho, primero, que las cosas funcionen, y después, ha buscado el porqué.*

—Bien. Cierto es que he dicho muchas cosas; que he tenido que decir muchas cosas. Pero, aparte de que el río esté ahí, aunque no nos bañemos nunca en la misma agua, hay que darse cuenta de que muchas veces me he encontrado respecto a la Técnica en el papel de abogado defensor, que no debe mentir, pero sí presentar los aspectos más favorables de su defendido, que para eso está y todo el mundo lo tiene por supuesto. Y ya que parece que Vd. ha sido oyente atento de cosas que yo dije, quizá también me habrá oído decir que la Técnica, en sus relaciones con la Ciencia, tiene en primer lugar un papel importante: el de señalarle objetivos. La Técnica, o por mejor decir, el Técnico, el Ingeniero, se encuentra cada mañana con problemas cuya resolución pide a la Ciencia. Pero este papel de perro de muestra no es más que una parte de lo que la Técnica hace diariamente por la Ciencia.

Esta última, particularmente en los aspectos que interesan al Ingeniero, hace uso del Método cartesiano, deductivo o analítico, pero el Ingeniero tendrá diariamente ocasiones para comprobar las dificultades de adaptar un mundo pensado a las realidades que él tiene que palpar.

El problema de este método es siempre el de la validación de sus teorías, que es la clave de todo el proceso epistemológico. La Historia pone ante nuestros ojos largos cortejos de teorías que, una tras otra, fueron primero aceptadas y luego desechadas. Pero, en esta noche oscura de la Inteligencia hay algo que nos salva, y es la Técnica. Esa Técnica, hoy más cerca que nunca de la Ciencia, legitima nuestras concepciones, nuestros cálculos, nuestras teorías. En el ejercicio técnico, el Hombre abandona la platónica caverna y abarca, con su mirada, el paisaje real. No son combinaciones soñadas las nuestras, porque los sueños no levantan diques, ni excavan túneles, ni soportan edificios

—*Muy pragmático le veo hoy. A este paso, vamos a negar la validez a todo lo que no sea "práctica". Un paso más, y entronizamos a la rutina.*

—No puedo ocultar, ni deseo hacerlo, que soy un Ingeniero; y un Ingeniero practicante. Podría salirme con que es difícil mantenerse virgen habiendo nacido en una casa de lenocinio, pero no sería sincero: aunque en la realidad la Hewlett Packard

la haya sustituido, yo soy de quienes quieren morir con la regla de cálculo en el bolsillo.

Lo que ocurre es que no sé si se dan cuenta muchos de nuestros compañeros del enorme valor científico que puede extraerse de la actuación técnica, que es la que nos corresponde a los Ingenieros. No interroga a la Naturaleza: intenta manejarla. Ella se queja, grita y a veces agrede a quien la hiere. Pierde el dominio de sí misma y nos descubre cosas íntimas que hubiese guardado secretas en el interrogatorio formal de un ensayo canónico, y por eso puede decirse que la Técnica va delante de la Ciencia. Dice Kuhn que "la naturaleza es demasiado compleja para ser explorada al azar" y de ello deduce la importancia de sus famosos "paradigmas". El Técnico se ve obligado a reaccionar frente a otros estímulos diferentes que a veces pueden resultar más decisivos, pero hay que darse cuenta de que tan solo seremos capaces de obtener provecho de esas situaciones límite si tenemos el ojo atento, el razonamiento crítico y la imaginación despierta, que son, a fin de cuentas, las tres cosas esenciales que los profesores deberíamos haber tenido cuidado de enseñar en los bancos de las Escuelas. Y si esto es Pragmatismo a ultranza, confieso mi pecado, pero no me considero capaz de propósito de enmienda y que don Miguel de Unamuno me absuelva, ya que decía que lo que decide el valor de la Verdad es su alcance o consecuencias prácticas.

Y conste que yo no me atrevo a conducir las cosas al extremo que lo hizo él, pues esto nos llevaría a concluir que dos mas dos es igual a cuatro mas o menos un poquito o tal vez mucho, si las mediciones las hace un encargado muy fregado. Pero permítame que le recuerde que he comenzado por establecer que la Técnica ha progresado por la Ciencia y que he dejado claro que es la familiaridad con el empleo de la Ciencia lo que distingue al Ingeniero del Maestro de Oficio.

EL INGENIERO

Esto nos lleva, antes que discurrir sobre la Educación en nuestras Escuelas, a prestar atención sobre la figura del Ingeniero. Esta tiene muchas facetas, muy dispares, casi todas válidas, aunque no puedo ocultar que siento sobre ellas dosis muy desiguales de simpatía, y el tipo de Ingeniero que me interesa menos es uno muy popular: es el de alguien capaz de hacer con un dólar lo que cualquiera es capaz de hacer con dos. Por mi parte, prefiero la definición: "Un Ingeniero es alguien que sabe hacer algo que otros no saben hacer, y un Ingeniero excelente es alguien que sabe hacer algo que otros no son capaces ni siquiera de concebir".

—*Nuevamente me siento confundido, D. José Antonio. Yo le he oído decir que la buena Técnica está hecha de un diez por ciento de genio, y de un noventa por ciento de tuercas bien apretadas y me pregunto si Vd. desea que todos seamos genia-*

les. Pero tendrá Vd. que reconocer que también es importante que haya gentes que cuiden de que se aprieten bien las tuercas. ¿Es que va Vd. a negarles ahora a esos tales la calificación de Ingenieros o al menos, de buenos Ingenieros?

—Debo decir, antes de nada que dicha definición no es mía, y que aunque la haya citado, nunca la he asumido por completo. He comenzado por decir que la figura del Ingeniero tiene muchas facetas. La importancia de esta facetas es algo que la Sociedad tiene que decidir. Los intentos de regularlas por Decreto han fracasado ostensiblemente y lo que ocurrió fué que el papel de muchos Ingenieros de Caminos fué ocupado por los de otras especialidades e incluso de muchas Licenciaturas. Una faceta de la Ingeniería que parece inmovible es la del Ingeniero Funcionario, que sí parece que está determinada por Decreto, y aun en este caso he sido testigo de su enorme evolución.

Otros muchos aspectos de la actividad de los Ingenieros tienen una configuración más flexible y tienen su puesto en la Sociedad, muchas veces en competencia abierta con otras profesiones. La figura del Ingeniero Gestor, por ejemplo, es típica y esencial para la actividad económica, y siempre ha despertado mi admiración, precisamente por reconocer mi inutilidad en ese campo. Pero considero urgente una aclaración sobre lo que estamos discutiendo: sobre el papel de la Ciencia en la formación del Ingeniero y concretamente de las aplicaciones de la Ciencia (siempre me he negado a admitir la existencia de una Ciencia Aplicada diferente de la Pura y en esto puedo apoyarme en Pasteur y otros muchos sabios, que pensaban lo mismo).

La necesidad de evolucionar es hoy primordial, todavía mucho más evidente que hace unos pocos años, y está reñida con el tipo de Ingeniero citado en el primer lugar. En épocas de gran demanda de productos y servicios, hay una capacidad de absorción que hace que tengan viabilidad las empresas que se limitan a seguir la estela de las punteras. Es el dominio de la táctica del "Ellos lo hacen. Pues yo también, y un poco más barato", que tan extendida ha estado en las últimas décadas; pero hoy las cosas han variado. Las aguas de la crisis suben, y solo quedan emergiendo las cimas, que son aquellas empresas y aquellos hombres que supieron apostar por opciones de futuro. Esto es lo que hay que hacer. Esto es quizá lo que ya se debería haber hecho, y las opciones del futuro no se engendrarán con la práctica de hoy. El pretenderlo es un error muy común, y siempre se ha dicho que la trampa que amenaza a los Estados Mayores de los ejércitos es la de aprender a vencer en las guerras pasadas.

—*Creo entender, después de todos estos circunloquios, que Vd. apuesta decididamente por el Ingeniero científico.*

—No, no me he sabido explicar bien. No quiero que Vd. se lleve la impresión de que propugno que para que colaboremos al avance del conocimiento, es preciso que debamos convertirnos todos en científicos: los Ingenieros somos técnicos, y la Técnica consiste en un tejido sutil en el que el Conocimiento es la urdimbre; y la trama es el Arte, el Oficio. No hay tejido sin el uno y el otro, y tampoco si el Oficio intenta colocarse en la dirección de la Ciencia, o al contrario.

El Mundo funciona hoy según el principio de la división del trabajo y esto hace que el Científico se haya constituido en una clerecía que muchos tienden a identificar con la Ciencia, error en el que a decir verdad, la generalidad de los científicos no ha caído. Está mucho más extendido entre los adoradores

de la rutina, que encuentran en la existencia de otras gentes distintas y que consideran un sí es, no es, estrambóticas, el pretexto para liberarse de la molesta tarea de ponerse a pensar.

La Ciencia es el conjunto del humano saber, tanto el del investigador que está dando los últimos retoques al trabajo que va a presentar en el próximo congreso como el del mecánico de excavadora que almacena en su memoria las calidades de los terrenos que ha encontrado para prever el rendimiento que va a conseguir en el próximo. Valora las diferencias respecto a sus previsiones e imagina una explicación y luego otras nuevas cada vez que se enfrenta a nuevos datos. Podríamos decir que la Ciencia es un estado de ánimo en el que el individuo observa los acontecimientos, reflexiona sobre los mismos e intenta prever los futuros.

La Técnica, en sus relaciones con la Ciencia, tiene en primer lugar un papel importante: el de señalarle objetivos. La Técnica, o por mejor decir, el Técnico, el Ingeniero, se encuentra cada mañana con problemas cuya resolución pide a la Ciencia

LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA

Comenzaré con un aspecto al que muchos dan importancia decisiva: al alumno de hoy (en lo cual se parece al alumno de ayer), le falta práctica. Esto, que muchos proclaman con tintes catastróficos no puede ser considerado como un defecto, mas que desde el punto de vista de la rutina profesional: el alumno, al salir de la Escuela, va a incorporarse a una masa de gentes, todas ellas con mucha práctica, por lo que no necesitan la del recién llegado, que en todo caso, sería muy pobre.

Lo que hace falta, para que de él se obtenga un rendimiento inmediato es que la formación del alumno le haya hecho capaz de aprender sin la menor dificultad y rápidamente aquello que merezca la pena aprender dentro de la práctica actual. Y los que quienes de esta manera se quejan, no se dan cuenta de que dentro de quince o veinte años esa práctica habrá variado, el traje que hoy se luce se habrá convertido en harapos, y la urdimbre del nuevo es lo que ha de ser preparado en la Escuela.

la, de manera que la nueva tela vaya siendo tejida por los nuevos ingenieros, con su personal práctica, que será distinta de la actualmente está en uso.

Cuando yo salí de la Escuela de Madrid, que entonces era la única, no había en toda España ni el más modesto aparato de Mecánica del Suelo, ni siquiera un molde de Proctor; ni tampoco un solo rodillo de pata de cabra. Cuando tímidamente insinuaba la necesidad de apisonar, me decían compasivamente que, al contrario de las teorías que en la Escuela me habían enseñado, lo que de verdad iba bien, era verter el terraplén a toda altura y dejar que pasaran dos inviernos sobre él. Y, si de cimentaciones hablábamos, en Madrid, ya se sabía: se podían cargar las cimentaciones a kilo y medio, si era tosco, pero solo a un kilo, si era tosquizo, clasificación que solía dejarse en manos del pocero, que ese sí que tenía práctica. Cuatro kilos era la carga adecuada para la peñuela y terrenos afines, en los cuales se habían detectado algunos levantamientos, atribuidos sin el menor resquicio de duda a los yesos. Y menos mal que D. José Entrecanales, y D. José Luis Escario, que fueron mis profesores –mis Maestros– de Cimientos y de Caminos respectivamente, no se habían esforzado en adoctrinarme en la práctica entonces usual, que era la que acabo de describir.

Pero incluso la urdimbre que esos, mis maestros, me habían proporcionado, se quedó vieja. El triaxial sustituyó a la caja de corte directo, y luego vino el aparato de corte simple. La ley de Coulomb se complicó con Hvorslev, y luego vino Roscoe y su escuela de Cambridge, y toda la constelación de ecuaciones constitutivas. Y Boussinesq, Fröhlich y Burmister quedaron oscurecidos por los programas en elementos finitos. Y también mi práctica, la práctica que yo fui adquiriendo en mis primeros años de profesión llegó el momento en el que hubo que tirarla. Los cajones de aire comprimido desaparecieron, y hubo que aprender a manejar los fangos tixotrópicos para construir las pantallas y los pilotes de gran diámetro. Aparecieron los rodillos vibratorios, y la vibroflotación y la consolidación dinámica, el “jet-grouting”, la Tierra Armada y las geomallas y tantas otras cosas.

En medio de tan tumultuosa riada todavía quedaban emergiendo algunos islotes fundamentales que parecían inmunes al Diluvio: tales eran las Matemáticas y la Física. Y así fué, pero no sin signos de erosión profunda: las habilidades de malabarista que tanto me había costado adquirir para integrar ecuaciones diferenciales hubieron de quedar arrumbadas ante la potencia del cálculo numérico y, por cambiar, hasta tuve que olvidar el kilopondio y la dina y aprenderme que era eso del pascal y del kilonewton.

Desde esta perspectiva que los años me han dado, me pregunto sobre el interés que pueda tener el informar a los ingenieros jóvenes de los detalles de la práctica actual, que ya empezará a ser obsoleta cuando reciban el título

Desde esta perspectiva que los años me han dado, me pregunto sobre el interés que pueda tener el informar a los ingenieros jóvenes de los detalles de la práctica actual, que ya empezará a ser obsoleta cuando reciban el título; pero reconozco que este punto de vista será probablemente demasiado extremado, y que toda esa instrucción es conveniente dársela, pero no porque sea realmente la base sobre la que habrá de fundarse su futura actividad profesional, sino como algo equivalente a lo que los pianistas llaman “ejercicios para dedos”. Y nada sería más equivocado que tomar estos ejercicios por piezas de concierto, sino como un medio para adquirir la soltura necesaria para interpretar las obras maestras que en el futuro se les propongan.

Es este un equilibrio muy difícil, y por mi parte he tenido pruebas de que no siempre lo he sabido mantener. Durante el tiempo que ocupé la cátedra, siempre propuse muchos problemas a los alumnos, y esta tradición se ha conservado. Pero siempre procuraré hacer notar que no se trataba de coleccionar un formulario, sino de una gimnasia, de una manera de entrenarse en la tarea de traducir una teoría a una aplicación concreta. Pues bien, una de las más claras sensaciones de fracaso es la que tengo cuando al examinar el Proyecto de algún ingeniero que terminó hace quince o más años, me encuentro allí calcado mi problema número veintidós o diecisiete. Pero para entonces éste ya no es tal, sino su apolillada momia, o más bien su ectoplasma, vagando en busca de un eterno descanso bien merecido, bajo

la ingente losa de los innúmeros artículos y libros que, desde que el ingeniero en cuestión estuvo en las aulas, se han ocupado del mismo asunto.

Casi todo lo que el alumno aprende en la Escuela llegará el día en que será sobrepasado, y pienso que incluso mucho más rápidamente que en la época en la que yo he vivido: pocas cosas quedarán y estas, por supuesto, no serán las que estuvieron contenidas en sus libros de texto. Si es que para aquel entonces sigue habiendo libros de texto.

—¡No para Vd. de sorprenderme! ¿Es que piensa Vd. que la misión de la Imprenta se habrá acabado porque haya terminado de segregar los cuatro ladrillos de la “Geotecnia y Cimientos”?

—No dudo de que la Imprenta vaya a continuar su misión, aunque haya quienes no compartan mi optimismo, pero hablemos ahora del libro de texto, y para mí parece claro que ésta es una institución que tiene sus días contados, empujada por los nuevos procedimientos de almacenamiento de la Información, más flexibles, económicos y sobre todo, interactivos. No hace falta ni siquiera asomarse al nuevo Siglo para imaginar una Clase en la que el alumno encuentre en su pan-

talla la lección de cada día permanentemente actualizada y también los enunciados de los problemas que habrá de resolver cuya solución deberá escribir nuevamente en su pantalla para que sean corregidos más o menos automáticamente.

Este estado de cosas tiene que llegar muy pronto para determinadas materias en el que lo importante sea la erudición o dicho de otra manera más al día, la Información. Piénsese en que un alumno con su pantalla puede tener a su disposición instantánea una gran biblioteca con libros y revistas de todo género, catálogos, descripciones de obras, etc.

Esto no anularía el papel del Profesor, como nunca lo ha erosionado la existencia de una buena Biblioteca. Ahora bien, cuando se trata de aprender a pensar, mis pobres neuronas no tienen ya flexibilidad bastante para dejar de creer que la figura del Profesor armado con su tiza debe dominar todo el conjunto. Pero no estoy describiendo un ideal, sino previendo el futuro y sospecho que las lecciones "enlatadas" van a tener un gran papel, incluso en las materias más conceptuales. Y siempre he sentido cierta prevención respecto al retroproyector con transparencias "prefabricadas" viendo en él una mera transición al "compact disk"

LA INFORMACIÓN

La labor de acopio de datos ha alcanzado dimensiones extraordinarias, pero para tener sentido ha de estar acompañada muy de cerca con la de ordenarlos, analizarlos e intentar ahorrarlos mediante hipótesis de trabajo que den un significado al amontonamiento informe de los datos recogidos. No puede esperarse a terminar la recolección de los mismos, y no solo por el retraso que ello implica, sino porque la progresiva comprensión del fenómeno nos va indicando, a veces, que ciertos datos que trabajamos por obtener no son significativos; y otras veces, lo que es peor, que no estamos tomando los que son claves para las interpretaciones que tenemos que formular.

Al alumno hay que proporcionarle, sin duda, una carga importante de Información, aun a sabiendas de su rápida obsolescencia. En el momento actual, es realmente imposible seguir paso a paso toda la información que se produce en cualquier rama o subrama de la Técnica o de la Ciencia. Hace poco, un ilustre biólogo molecular me decía que, si tuviese que leer todas las publicaciones claramente importantes de su especialidad, tendría que leer unas trescientas páginas diarias. No he hecho una evaluación semejante, por ejemplo, de las publicaciones geotécnicas, pero no creo que se sitúen a la zaga.

En el momento actual, podemos recibir en un mes un volumen de información comparable a la que un individuo de principios de siglo recibía a lo largo de toda su vida, pero esto mismo tiende a paralizarnos, ya que nos sentimos incapaces de elegir-la y de formular a partir de ella las decisiones más convenientes. Mayor Zaragoza ("Mañana siempre es tarde") ha dicho que

"la Información no es un fin, sino un medio, solo un medio para que el hombre, el hombre creador, construya con imaginación y con inspiración nuevos sistemas, proporcione nuevos datos, cree el marco conceptual de su propia existencia".

LA NORMALIZACIÓN

Muchas veces esto no se entiende así, lo que hace que el Técnico, incapaz de mantenerse a flote en la creciente riada de la Información, reciba con agrado las cadenas representadas por las Normas, que limitan su creatividad, al modo de los leales súbditos de Fernando VII que pugnaban por engancharse en el lugar de los caballos de la carroza del Soberano.

Está hoy entre nosotros muy en boga la Normalización, quizá porque la hemos descubierto tarde, cuando las DIN y los estándares de la ASTM eran ya venerables. No voy a negar las ventajas de las Normas, pero es evidente que responden a un concepto anticuado, pese a lo cual todavía tendrán su aplicación, en el próximo Siglo, para una serie, una serie muy extensa, ciertamente, de productos de larga historia, pero que siguen siendo útiles. Hay un slogan de origen indubitadamente americano que dice: "Si hay algo que lleva usted haciendo lo mismo que hace cinco años, revíselo. Puede ser que esté anticuado. Si hay algo que lleva usted haciendo lo mismo hace diez años, no se moleste en revisarlo: está anticuado". Iba yo caminando por la acera pensando en las cosas que debería cambiar (la cuchara de Casagrande, la ley de Coulomb, los rodillos de pata de cabra...) cuando me cortó el paso una obra donde, al igual que los Sumerios, estaban poniendo ladrillos. Mi entusiasmo renovador se enfrió un tantico, al darme cuenta de que hay un inmenso substrato de saber adquirido que no es razonable despreciar.

Este es el dominio en el que la Normalización está indicada, pero hay que andar con mucho cuidado en no traspasar la frontera en la que su garlopa deseche como inútiles las ideas nacientes en las cuales están retenidos los gérmenes de la innovación. La posición de esa frontera es, por otra parte materia opinable en la cual tiene mucho que decir la costumbre, la Moda y la Sociedad entera. En muchas ramas de la Ciencia y también de la Técnica, llega un punto en el que parece que un asunto ya está suficientemente investigado y que se conocen sus entrañas. Son las "ciencias maduras" al estilo de Kuhn, que han configurado ya sólidos y universalmente aceptados paradigmas. No merece la pena seguir ocupándose de ellas. La pertinencia de esto es pregunta bien difícil de contestar, ya que la decisión a tomar depende del libre albedrío: durante el próximo siglo ¿elegirá la Humanidad el camino de Egipto o el de Grecia? Muchos signos parecen apuntar hacia el primero de los dos: por doquiera encontramos grupos de gentes peregrinando devotamente hacia el santuario de la Normalización, mientras otras se aplican a construir las enormes pirámides hoy llamadas Bancos de Datos.

No me cabe duda de la eficacia de este camino: Egipto fue un Estado mucho más fuerte y duradero que Atenas. Pero cuidemos de no desembocar en el Admirable Nuevo Mundo de Huxley, cuando el magnífico edificio de la Norma Universal disuade cualquier iniciativa que pueda alterarlo. Y no puedo por menos que señalar, trayendo el agua a mi molino, que un antídoto cierto a esta tendencia es el estudio de las Ciencias de la Tierra, con la fascinante variedad de la Naturaleza, cuando se presenta ante nuestros ojos, liberada de las plantillas de las hojas electrónicas.

LA TAREA DE LA PEDAGOGÍA

Entre estas opciones hay que desarrollar la tarea de la Pedagogía. Es un equilibrio delicado y difícil el decidir qué porción del antiguo saber deberá impartido al alumno.

Tuve yo en tiempos una vetusta edición de los Elementos de Euclides, llena de anotaciones al margen, que sin duda alguna sirvió a estudiantes de nuestro Siglo de Oro. Ese libro era materia suficiente para las explicaciones de todo un curso, y se comprende que fuera así, con lo confuso y retorcido de sus explicaciones, mientras que todo lo que en él se dice un estudiante actual lo asimila en tres días.

Esta es una de las principales misiones de la Pedagogía, sistematizar las materias de modo que sean asimilables de manera mucho más compacta y fácil. Y al mismo tiempo, poder constantemente ramas que ya se han secado o simplemente que resultan superfluas.

Valga como ejemplo lo que sucedió en nuestra Escuela con la Estereotomía. Todavía conocí a un ingeniero que la había cursado y la recordaba como una de las asignaturas claves de la carrera. Recordaba él asimismo que, cuando se suprimió, sintió como una pérdida al pensar que nadie sería capaz en el futuro de proyectar una bóveda de sillería de cañón esviado, pero al mismo tiempo me reconoció que no había tenido, en toda su vida, ocasión de construirla. Algo parecido sentí yo cuando dejé de explicar a mis alumnos las bellas construcciones de Poncelet y Rebhann.

A la dificultad de identificar las ramas ya inútiles se añadirá en años futuros, pero muy próximos, la de articular en la Enseñanza los "sistemas expertos" y lo que en 1961 llamó Minsky, del MIT "Inteligencia Artificial" nombre desgraciado por cuanto ha tenido la virtud de provocar el rechazo de los unos y esperanzas infundadas de los otros.

—Espero que no considere Vd. como infundadas las esperanzas que muchos ponemos en estos sistemas. En el prólogo de "Geotecnia y Cimientos II" ha escrito que "solo lo que es capaz de ser transmitido, es susceptible de progreso" y no restringe la forma en la que vaya a efectuarse la transmisión.

—Ahí voy yo: las dificultades del desarrollo del África tribal constituyen el mayor problema de la Humanidad y en parte ra-

dicen en que es una civilización sin libros, en la cual, como se ha dicho, cada vez que un anciano muere, es un libro que se cierra para siempre. Nosotros no somos así, y por ello un alumno de los nuestros es capaz de hacer muchas más cosas que el mismo Newton o Galileo. Un sistema experto no es cualitativamente diferente a un libro, pero su capacidad almacenamiento y rapidez de respuesta es mucho mayor, y lo será todavía más en progresión que no alcanzo a predecir. De niño fui entrenado en hacer largas sumas y divisiones con muchos decimales. Mis nietos no saben lo que es eso y no hay que lamentarse por ello, porque eso es hoy tan útil como la Estereotomía. Y otro tanto puede decirse de los catálogos de derivadas y de integrales que almacenábamos en la memoria.

Tuve yo un compañero de Preparación que se sabía un gran número de logaritmos, lo cual era muy útil cuando las multiplicaciones las hacíamos con las tablas de Schrön, pero no solo es hoy tal información inútil, sino otras muchas clases de erudición. A lo que hay que habituar al alumno es a "navegar" en el piélago de información que encontrará disponible; encontrarla y qué hacer con ella. Y en este sentido, es claro que será objeto de progreso tanto lo que va quedando almacenado en los libros como lo que lo hace en los chips o en los discos duros.

En principio, no encuentro que exista una diferencia cualitativa entre una cosa y otra; entre sumergirse en el despacho con un montón de libros y revistas y buscar entre ellos la solución a nuestro caso, o hacerlo a través de un sistema experto en donde se habrán tenido en cuenta un gran número de informaciones y en cuya confección muchos especialistas habrán examinado todo género de inferencias de las mismas. La diferencia cuantitativa sí que puede ser muy grande y así, no tan solo es posible resolver un problema en una fracción del tiempo que antes necesitábamos sino también explorar dominios que antes no teníamos en cuenta y donde a veces pueden encontrarse soluciones inesperadas e interesantes. De esta forma, puede llegar a decirse que el computador halló la solución que la inteligencia humana no había sido capaz de prever.

Pero parece ser que todo no acaba ahí y que se equivocó Ada Augusta, condesa de Lovelace, colaboradora de Babbage, cuando estableció en 1842 el principio de que una máquina construida por el Hombre sólo puede hacer lo que él le dice que haga y nada más.

No es que crea que el Principio Lovelace sea falso, aunque hay gente más enterada que yo, que así lo cree, pero sí es cierto que examinando los resultados de los grandes computadores uno llega a concluir que en la práctica es "como si fuera falso" y que la máquina parece que va más allá que lo que se le ha dicho que haga.

Por el momento, podemos tranquilizarnos al comprobar que en todos los frentes la Inteligencia Artificial se bate en lo que podemos llamar en nuestro optimismo, retirada: por poner un ejemplo fácil, los sistemas para jugar al ajedrez se han perfeccionado enormemente, pero no principalmente en las técni-

cas de búsqueda e inferencia, sino en el almacenamiento de secuencias de partidas, para lo cual el perfeccionamiento en el "hardware" es impresionante y decisivo. De esta manera puede decirse que la Inteligencia Artificial pierde terreno, al resultar que los campos que estudia se convierten en campos de programación convencionales.

Sin embargo, tanto el progreso en el "hardware" como en la programación es tal, que no podemos asegurar que no se alcance una "masa crítica" que tenga como consecuencia un salto cualitativo. Y de lo que sí estamos seguros es que se va a llegar a extremos de que las cosas pasarán como si tal salto se hubiese producido. Y el problema pudiera ser que no sea fácil detectar si la máquina se ha escapado ya del "régimen Lovelace" y ha empezado a pensar por su cuenta.

MISIÓN DE LA UNIVERSIDAD

Todo esto puede entrañar muchas y profundas transformaciones en los planes de estudios y en los mismos sistemas pedagógicos. Incluso el papel del Ingeniero variará sin duda: como manejador de sistemas expertos tendrá más responsabilidad (que no menos) en saber qué hace con ellos. Muchas horas de mi juventud fueron consumidas en calcular círculos de deslizamiento, de forma que ya no me quedaban ni tiempo ni ánimo para tantear nuevas soluciones que pudieran vislumbrarse.

—Coincidimos, pues, en que la Enseñanza de la Ingeniería deberá tener transformaciones esenciales en el próximo Siglo

—No he dicho yo eso: he dicho muchas y profundas transformaciones, pero no he dicho esenciales; la esencia de la misión de la Universidad no va a variar por todo eso. No quisiera que variara, al menos por algún tiempo; digamos que por un par de siglos. La Universidad es el ámbito en el que se encuentran las generaciones. La transición generacional en las profesiones no universitarias es un proceso de mezcla, de difusión, pero en ningún sitio encontraremos como en la Universidad tal riqueza de "profesionales en estado naciente" que tienen, como ya se sabe, unas características especiales, más activas que los cuerpos convencionales. Es la misión esencial de los profesores el cuidar de que el frente de onda que cada promoción produce tarde mucho tiempo en amortiguarse, antes de que la viscosidad de la práctica común haya restablecido el tranquilo nivel hidrostático. Nada sería más contrario a este concepto de la Universidad que el suministrar a los alumnos todo un mobiliario urbano de probados paradigmas, es decir, pseudo-dogmas que les den resueltos todos los problemas que la práctica profesional del día les presenten.

**Por doquiera
encontramos grupos
de gentes
peregrinando
devotamente hacia
el santuario de la
Normalización,
mientras otras se
aplican a construir las
enormes pirámides
hoy llamadas
Bancos de Datos**

Debemos considerar que una vez que se hayan estabilizado más los protocolos en la confección de los sistemas expertos quedará más patente el papel que en ellos juegan los propios expertos: para el caso, los propios Ingenieros, que habrán de entrenarse en las técnicas de educación de sus conocimientos y experiencias.

La comunicación de unos y otras es lo que los nuevos instrumentos de almacenaje y procesamiento están ya facilitando enormemente y es lo que debe poder incrementar la velocidad del ciclo tecnológico, de la cual depende la del progreso.

Ingeniería y Ciencia se articulan en el ciclo tecnológico, que es preciso que fluya ágil y eficazmente, si queremos que la Técnica sea capaz de superar el desafío de cubrir las necesidades crecientes de la Humanidad, sin destruir su entorno.

Y en este fluir, una pieza fundamental está constituida por nosotros, los Ingenieros.

Y la razón de tal privilegio está estampada al principio de este trabajo, pero ahora querría escarbar un poco más en sus raíces: un problema esencial de la Ciencia es la validación de sus resultados. Los jueces resuelven su problema recurriendo a los peritos, pero todos sabemos lo falible que es este procedimiento. Por supuesto, nada se consigue buscando el recurso que ya propuso Platón, que es el de buscar unos superperitos. Los Ingenieros están en una óptima situación para dirimir las disputas de los sabios, pero no porque sean más imparciales, más honestos ni, por supuesto, más competentes. Se ha dicho que lo que ocurre es que la actividad del Ingeniero

siempre se traduce en resultados materiales, pero esto ni siquiera es bastante, ya que vemos diariamente que tales resultados pueden ser valorados de distintas maneras. El punto fundamental es que la actividad del Ingeniero se hace ante todos, a todos nos afecta y todos pueden juzgarla y de esta manera, el Ingeniero no es el árbitro pero sí el que exhibe los resultados que la Sociedad ha obtenido de las cogitaciones de los sabios.

Me atrevo a decir que este es uno de los pocos procedimientos seguros de validación, unido a otros que se refieren a otras actividades, por ejemplo, las de la Medicina, que reúnen la característica común de afectar directamente a gran número de gente; pero hay que reconocer que estos son molinos que muelen muy fino, pero lentamente.

Desde que un descubrimiento se efectúa hasta que se lleva a la práctica transcurre un lapso de años, a veces de muchos años. Acortar este plazo supone acelerar el ritmo del progreso. Nada sería más contrario a ello que el imbuir a las generaciones que están en las Escuelas la admiración por las teorías y las prácticas de hoy; a ellos, que son los que van a actuar mañana. Y esta es, a mi parecer, el sentido último de la Educación Universitaria. ●