

LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA

Resumen

Se señalan algunos elementos y manifestaciones de la crisis que aqueja a la ingeniería, para discutir luego sobre los atributos que debe poseer el actual profesional a la luz de la evolución histórica de la ingeniería; al mismo tiempo, se pone de presente la responsabilidad que al respecto tienen la formación que se imparte y los métodos de trabajo vigentes en las facultades de ingeniería; y también se habla de lo que podría hacer el Estado. La formación de posgrado recibe un tratamiento especial. Se incluyen algunas referencias y recomendaciones con respecto a la relación entre el bachillerato y la universidad. Y, finalmente, se examina la propuesta de reducir la duración de las carreras, pero siempre en el contexto de los períodos académicos, el modelo pedagógico y el sistema de créditos. El artículo termina con una visión de la universidad del futuro.

Introducción

Tanto en Colombia como en el ámbito internacional existe un cierto consenso sobre la existencia de una crisis que afecta a la ingeniería tradicional. Es un hecho que la profesión ha perdido presencia y liderazgo en los asuntos relacionados con el desarrollo social y material de los países, al tiempo que se echa de menos los extraordinarios aportes de la ingeniería en las primeras décadas y mediados del siglo XX. ¿Cuáles son los elementos y manifestaciones de esa crisis? ¿Qué nuevos atributos, amén de los tradicionales, exigen a la profesión los nuevos tiempos? ¿Cuáles cambios en la formación de los estudiantes deben contemplar las facultades de ingeniería?

Elementos de la crisis

La concentración del ingeniero en lo técnico y el orgullo de su técnica le han impedido a ese profesional la visión sistémica, lo han llevado a desconocer con frecuencia implicaciones sociales, y le han dificultado el diálogo con otras disciplinas y profesiones. Su poca relación con las humanidades y el arte explica en algún grado una pérdida del sentido de grandeza, sentido que se relaciona con los aspectos éticos y estéticos que debe llevar consigo toda obra de ingeniería.

En el caso colombiano se agregan, además, algunos elementos específicos: ausencia de investigación y de estímulo a la creatividad y a la innovación; poca atención a graves problemas nacionales; al igual que en otros sectores de la vida nacional, la corrupción ha penetrado el ejercicio de la ingeniería; el peso del individualismo y la falta de solidaridad se oponen al trabajo en grupo y a las construcciones colectivas; y la proliferación de carreras y denominaciones están llevando a una seria disminución de calidad y a una pérdida de identidad en la profesión. A propósito, según datos de hace algunos años, había en el país 398 programas de ingeniería con 69 denominaciones distintas (datos recientes hablan ya de más de 100 denominaciones), y una de éstas era ¡ingeniería de radio y televisión!

La poca relación de los grupos universitarios de investigación con la empresa y los centros de desarrollo tecnológico, el retraso en la formación doctoral en ingeniería, el predominio

de la adquisición o adaptación de tecnologías del exterior y el uso indiscriminado y sin criterio de programas o paquetes para computador, son a la vez causa y efecto de la poca investigación que se lleva a cabo en las facultades de ingeniería. Con respecto al desarrollo tecnológico, existen tres categorías de países: los que lo producen, los que lo transfieren y adaptan, y, finalmente, aquellos que lo compran ciegamente. Cabe preguntarse en qué medida Colombia está cada vez más en la tercera categoría.

Da pesar observar con frecuencia la poca o nula transferencia tecnológica o de conocimientos que el país obtiene cuando se emprenden grandes proyectos de infraestructura por parte de firmas del exterior, o cuando se adquieren patentes y licencias provenientes de países desarrollados. Señala un estudio de la Universidad de los Andes y la Corporación para la Investigación y la Docencia Económica, de Medellín (1), que en el medio industrial es clara la ausencia de flujos nacionales de conocimientos tecnológicos y la pobreza de ingenieros con altos niveles de formación. En pocas palabras, que es marginal el papel de la capacidad científica nacional en la rápida transformación tecnológica que el sector productivo ha experimentado en los últimos años.

Manifestaciones de la crisis

Múltiples son las expresiones de la crisis y entre ellas podría citarse la pérdida de aprecio social por la ingeniería, la ausencia de liderazgo de la profesión, la casi inexistencia de comunidades técnicas, el marchitamiento de las sociedades profesionales, el desempleo y subempleo que padecen los ingenieros, y la constante pérdida de cargos técnicos del sector público que tradicionalmente habían sido ocupados por profesionales de la ingeniería.

El pasado enseña que los ingenieros ocuparon un papel preponderante en la sociedad cuando se vincularon al desarrollo industrial y se preocuparon por los efectos de la acción profesional sobre aspectos sociales y administrativos. El proyecto de la Escuela de Minas, emprendido por don Tulio Ospina y otros pioneros hacia fines del siglo XIX, fue exitoso porque entendió la función que la ciencia y la tecnología podían cumplir en la construcción de un país moderno. Hoy las circunstancias y los medios son bien distintos, pero la finalidad tiene cierta analogía: cómo diseñar una ingeniería que responda a la necesidad de crear una nueva sociedad en un país agobiado por la violencia y la intolerancia, retrasado en el conocimiento científico y tecnológico, y cada vez más ajeno a las condiciones de competencia que reclaman los nuevos escenarios de la economía internacional.

Además del desempleo estructural que afecta a la profesión, ha aparecido el fenómeno del subempleo, sobre todo cuando los ingenieros desempeñan tareas que podría realizar un tecnólogo. Aquí existen más ingenieros que tecnólogos, al revés de lo que ocurre en el medio internacional, al parecer por una subestimación del papel que pueden cumplir aquellos últimos. Por ello es útil señalar que un libro intitolado *La ventaja competitiva de las naciones*, publicado en 1990 y cuyo autor es Michael E. Porter, puso de presente la significativa contribución de las instituciones técnicas de Alemania e Italia a los aumentos de la productividad en dichos países.

Sobre la pérdida de cargos tradicionales, es pertinente preguntarse en qué medida ello se explica por el frecuente desentendimiento del ingeniero con respecto a aspectos políticos y sociales.

Atributos de un nuevo ingeniero

La crisis de la ingeniería se ha acentuado en razón de una serie de factores aparecidos en las últimas décadas, en especial relacionados con la complejidad de los problemas, así como con la existencia de múltiples intereses y actores. La dimensión técnica de un asunto dado sigue siendo importante, pero además es necesario lidiar con grupos de presión, interactuar con ambientalistas, tener en cuenta aspectos políticos, sociales y legales, y, en general, entenderse con un nuevo ciudadano más consciente y exigente que en el pasado. De otro lado, la era del conocimiento y la información, así como la velocidad del cambio tecnológico, están transformando la sociedad y la industria, y a la vez afectando el ejercicio profesional de la ingeniería.

Siguen teniendo vigencia ciertas cualidades tradicionales del ingeniero como apego a la realidad, sentido de lo cuantitativo, capacidad de modelar, servir de puente entre la ciencia y la tecnología, potencial como innovador y líder para la industria. Pero ellas ya no son suficientes, y es necesario considerar otros atributos atinentes a la orientación del uso de la tecnología, la capacidad interdisciplinaria, el buen uso del lenguaje y la comunicación, la percepción de las relaciones entre lo técnico, administrativo, político, económico, ambiental...

En suma, se requiere un profesional de la síntesis y la integración, o sea, un profesional que sea capaz, además de separar para analizar, de reunir para sintetizar o complejificar, de modo que un problema dado aparezca en su contexto natural. La visión reduccionista, aquella que se concentra exclusivamente en la tarea aislada, destruye la solidaridad y la responsabilidad. Podría decirse, entonces, que el pensamiento sintético o complejo lleva consigo una misión ética.

Lo anterior exige un trabajo interdisciplinario en el cual el ingeniero puede desempeñar una tarea muy significativa si es capaz de sostener un diálogo respetuoso con otros saberes, y al mismo aporta, en especial, su capacidad de buscar soluciones óptimas o cercanas al óptimo no sólo en lo técnico económico sino también en lo político, social, ambiental...

Paradigmas en la historia de la ingeniería

Tres paradigmas se han dado en la historia de la ingeniería. Hasta fines del siglo XVIII no existía la profesión tal como se conoce hoy; se construía intuitivamente, con base en ensayo y error, y a la manera de los artesanos según la tradición de maestros y aprendices. Podría decirse que los embriones de arquitecto e ingeniero se confundían en el *Maestro Constructor*, y éste trabajaba en el sitio de la obra. Éste es el primer paradigma.

Debido a las exigencias de la revolución industrial, y gracias a la aparición de las primeras escuelas de ingeniería en Francia, empieza a perfilarse *la ingeniería como arte* (segundo

paradigma), es decir, como un oficio especializado que exigía destrezas y habilidades muy elaboradas.

El segundo paradigma dura más o menos hasta la segunda guerra mundial. Luego aparece *la ingeniería con base científica*, el tercer paradigma. Se aprovecha al máximo las ciencias exactas y naturales para fundamentar la profesión, se desarrollan las llamadas ciencias de la ingeniería como la hidráulica, la resistencia de los materiales, las estructuras, etc., y se acelera la creación de nuevas ramas de la ingeniería, distintas a la civil.

La necesidad de sintetizar e integrar las diferentes miradas o dimensiones de un problema lleva a proponer un nuevo paradigma para la ingeniería, acorde con los tiempos que corren, y que podría llamarse el de *Maestro Integrador*. Este cuarto paradigma tiene cierta coincidencia con ideas expresadas en artículos y seminarios realizados en Colombia durante la última década (ver (2), en especial la ponencia *La ingeniería y su impacto social y económico*), y también recoge conceptos emitidos en un importante coloquio internacional sobre el futuro de la ingeniería civil y ambiental, llevado a cabo hacia principios del año 2000 en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (3).

Por su parte, un grupo de trabajo de la iniciativa denominada "Higher Engineering Education for Europe" presenta algunas conclusiones como las siguientes (4):

"En los diferentes países europeos, los dos primeros años de la educación universitaria se dedican generalmente a las ciencias básicas y a la ciencia de ingeniería. Los exámenes que se practican a los estudiantes no pretenden medir la habilidad para aplicar el conocimiento en un contexto profesional (lo cual demanda habilidades críticas y además síntesis, diseño y creatividad).

Lamentablemente, el consenso de las universidades con respecto a lo anterior obscurece la preocupación que la industria manifiesta acerca de lo apropiado que puede ser este punto de vista curricular. La enseñanza de los asuntos técnicos en escuelas y universidades falla frecuentemente en lo tocante al desarrollo de destrezas de aprendizaje autosuficiente. En las artes y las humanidades, por contraste, los profesores tienden a esperar que los estudiantes lean bastante, seleccionen datos de fuentes diversas y lleguen por sí mismos a juicios a partir de evidencia incompleta. Este enfoque desarrolla destrezas de aprendizaje exploratorio. Con frecuencia, en la competencia por altos cargos, los ingenieros pierden frente a los graduados de humanidades. ¿Por qué?

El mundo real no está definido con tanta precisión como podrían pensar los estudiantes que toman esos cursos técnicos. La educación en estos campos no prepara a los estudiantes para descubrir por sí mismos. La aproximación más o menos lineal que se adopta en la enseñanza de las ciencias puede estar en la raíz de uno de los más apremiantes problemas que enfrenta la educación en ingeniería por toda Europa: no se está atrayendo estudiantes brillantes y creativos, muchos de los cuales son mujeres. Dichos estudiantes simplemente no encuentran interesante un asunto cuando siempre resulta una "respuesta correcta".

Los diferentes problemas que aparecen diariamente en la vida profesional no son tan restringidos. Exigen respuestas variadas, con una integración de visiones provenientes de muchas y diversas perspectivas (técnicas, económicas, históricas, psicológicas, de mercadeo, de manufactura, etc.).

Algunas universidades en forma consciente tratan de desarrollar la habilidad del estudiante para adquirir destrezas de aprendizaje mediante cursos basados extensamente en trabajo con

proyectos. En los mejores ejemplos, los proyectos de ingeniería resultan altamente interdisciplinarios en las etapas finales del curso, cuando los asuntos técnicos se ven completados por aspectos de la economía y el comercio, así como por las cuestiones humanísticas y éticas. El trabajo en equipo, la comunicación, el desarrollo y ejercicio del juicio, los nuevos marcos de referencia para un problema y la búsqueda de posibles respuestas, son entonces tan parte del currículum como el contenido del proyecto mismo.

Una educación amplia es importante para el desarrollo de una visión de la totalidad de una situación y la interconexión de sus elementos; y para el posterior ejercicio del liderazgo. Es necesaria una educación profunda para alcanzar con excelencia la efectiva solución analítica de los problemas acotados técnicamente. Sostenemos aquí que es indispensable reexaminar este balance. Observamos que las escuelas de ingeniería tienden en la actualidad a concentrarse detenidamente en la educación en profundidad de sus graduados. Ello ignora la observación, muy difundida entre gentes de la vida práctica, sobre los muy pocos difíciles problemas de ingeniería que tienen una solución totalmente (o aún predominantemente) técnica."

Una tarea para las facultades de ingeniería

La obtención de los atributos profesionales antes señalados exige cambios académicos a las facultades de ingeniería, algunos de ellos de carácter radical. Dichos cambios deben ser estudiados por directivas, profesores y estudiantes, pero hoy más que nunca se requiere una urgente participación en esa discusión por parte de sociedades profesionales y de egresados, consultores, empresarios, gobernantes y políticos.

Un primer punto se refiere a la ineficacia de la docencia tradicional y de la acumulación de cursos en las carreras de ingeniería. Es imperativo aprovechar nuevos escenarios o encuentros pedagógicos, como los relacionados con los seminarios (en el sentido alemán del término), el análisis de casos, los grupos de trabajo, la realización de proyectos, el trabajo en comunidades, la interacción con las empresas, etc. Los grupos de trabajo en seminarios y proyectos pueden posibilitar la acción interdisciplinaria y beneficiarse de un apto mecanismo para la integración de conocimientos. Escenarios como estos últimos constituyen un medio excelente para aprender a discutir sin pelear, comunicar con efectividad y hacer presentaciones. Otros objetivos pueden lograrse mediante un ambiente cultural en el campus universitario, las actividades extracurriculares, los clubes, centros, etc.

Dada la velocidad del cambio tecnológico y de la obsolescencia profesional, es indispensable un énfasis en la formación básica, al igual que en la flexibilidad curricular. Pero el *Maestro Integrador* ya mencionado no podrá obtenerse con la sola formación de un primer grado, pues aquel requiere la madurez y la acción investigadora que por lo general se adquieren durante los estudios de posgrado. Es del caso pensar que en el mediano o largo plazo el ejercicio de la ingeniería exija un grado de Magíster, con énfasis en lo profesional, después de un primer grado en ciencias y ciencias de la ingeniería.

Otra urgente tarea concomitante no puede ser eludida por las facultades de la ingeniería. El uso de internet está modificando tanto la docencia como el ejercicio profesional de la ingeniería, y Colombia enfrenta en este campo un retraso considerable. Grandes centros como la Universidad de Stanford y el Instituto Tecnológico de Georgia, en Estados Unidos,

tienen ya estudios de maestría en ingeniería diseñados específicamente para la red mundial, y en España se anunció la primera universidad virtual en castellano, la cual aspira a conseguir unos 40.000 estudiantes de España y América Latina para el año 2004 (5). Por su parte, el Instituto Tecnológico de Massachusetts emprendió un vasto proyecto para colocar en la red, con la colaboración voluntaria del profesorado, todo el material de clase correspondiente a los diferentes cursos. En abril de 2004 estaban ya libremente disponibles 700 cursos con material educativo perteneciente a 33 disciplinas académicas y a todas las cinco escuelas del Instituto (6).

El uso de internet y de los multimedios en el computador puede relevar al profesor de la tarea rutinaria de proporcionar información básica y permitirle entonces dedicar más tiempo a la comunicación del conocimiento tácito, el encuentro interpersonal con el estudiante, el trabajo con pequeños grupos, y la labor de síntesis, crítica y evaluación. La disminución del trabajo presencial puede permitir a las mejores universidades del país expandir virtualmente el campus, de modo que se revierta una tendencia actual: la gran demanda de cupos en la educación superior ha venido siendo atendida por universidades de menor desarrollo relativo o definitivamente mediocres.

¿Qué puede hacer el Estado?

Ante tan preocupante situación de la ingeniería, también cabría indagar por la responsabilidad que al respecto tiene el Estado. En la constitución política de 1991, y luego en la Ley 30 sobre la educación, se consagraron la libertad de enseñanza y la autonomía universitaria, lo que en principio está muy bien pero que en el caso colombiano se ha desvirtuado por la abierta comercialización de la enseñanza postsecundaria y la aparición de toda clase de entidades supuestamente denominadas "universidades".

Está bien claro que el Estado no ha cumplido cabalmente otros artículos constitucionales como aquellos que lo obligan a "regular y ejercer la suprema inspección y vigilancia de la educación con el fin de velar por su calidad, por el cumplimiento de sus fines y por la mejor formación moral, intelectual y física de los educandos..." y a hacer cumplir estrictamente las condiciones legales que se consagren para la creación y gestión de los establecimientos educativos fundados por los particulares.

Otro aspecto fundamental para el control de calidad de los egresados de las escuelas profesionales tiene que ver con reglamentación de pruebas que midan la idoneidad para el ejercicio de una profesión determinada. Una vez más se propone el establecimiento del Examen de Estado, el que debería ser aprobado como requisito previo para la obtención de la matrícula profesional. Este examen podría ser administrado por sociedades profesionales, siempre que éstas se constituyan en "Colegios" y el Estado les atribuya esa función. En efecto, el artículo 26 de la Constitución Política sobre la libertad de profesiones y oficios habla, entre otros aspectos, de que "La ley podrá exigir títulos de idoneidad" y que "Las profesiones legalmente reconocidas pueden organizarse en colegios. La estructura interna y el funcionamiento de éstos deberán ser democráticos. La ley podrá asignarles funciones públicas y establecer los debidos controles."

La formación de posgrado

Es indispensable que la educación en ingeniería entre de lleno, así sea con retraso, a la formación doctoral. Sigue teniendo interés científico, técnico y cultural la realización de este tipo de estudios en el exterior, pero la trayectoria de las grandes universidades colombianas permite que se acometan, con la excelencia y el énfasis investigativo característicos de dicho nivel, los programas doctorales en ciertas áreas de particular relevancia para el país. Cierta temor reverencial a tan alta instancia académica ha llevado a muchas universidades latinoamericanas a plantear unos requisitos y exigencias que las convierten en "más papistas que el Papa".

Bien se sabe que los estudios de maestría, y en menor grado los conducentes a títulos de especialista, pueden verse como una especie de "calentamiento" para futuros estudios de doctorado. Pero al igual que en el pregrado, se ha presentado una proliferación de títulos acompañada de baja calidad en muchos casos. Según datos recientes(7), existían en Colombia 429 especializaciones con 274 nombres diferentes y 73 maestrías con 54 nombres. Por su parte, 8 doctorados. Es bueno recordar que la instancia por excelencia de investigación corresponde a este último nivel, pero que cuando éste no existe, como ocurre en muchas situaciones, un programa de maestría que se proponga debería tener cierto énfasis en la investigación. Sin embargo, recientemente el Ministerio de Educación modificó la Ley General de Educación para introducir maestrías que no tienen un enfoque investigativo sino que buscan fortalecer conocimientos específicos de los profesionales y profundizar en los aspectos académicos que más les interesen. Esto último aparece en una separata de la revista Semana (8), la cual incluye además unos datos bien significativos: Colombia tiene una tasa global de estudiantes de posgrado igual 0,02%, frente a una de 0,12 en Chile y 0,64 en Estados Unidos; los estudiantes de pregrado que pasan a posgrado representan sólo el 0,6 en Antioquia y 1,2% en Bogotá; se calcula que unos 400.000 colombianos tienen estudios de posgrado, los cuales ganan 78% más que los profesionales sin posgrado y tres veces más que los bachilleres sin pregrado; y la tasa de desempleo de los egresados de posgrado es del 5% frente al 11% para los egresados del pregrado y el 17% para los bachilleres.

En reciente artículo (9), Rudolf Hommes se ocupa de la educación y la inversión privada como fuentes de crecimiento y desarrollo. Con interés menciona el cambio de modelo: antes se decía que el énfasis debería estar en educación primaria y secundaria, pero ahora en las llamadas sociedades del conocimiento ha cobrado vigencia la educación superior, y por supuesto la de posgrado de calidad, como motor de desarrollo.

Para finalizar este apartado, convendría descalificar una falsa dicotomía muy típica del espíritu colombiano y que más o menos dice: no se debe apoyar el posgrado porque ello va en detrimento del pregrado, o bien debemos dejar la creación del posgrado hasta cuando tengamos unos buenos pregrados. No se entiende cómo se pretende descabezar el sistema educativo eliminando la más alta formación que debe orientar y fortalecer todo el sistema. Un posgrado bien entendido mejorará las condiciones del pregrado mediante la participación de profesores que investigan en las clases y seminarios del pregrado, y por la temprana incorporación de los buenos estudiantes del pregrado a tareas, en principio menores, de investigación. Bien se sabe también que la frontera entre los dos niveles de

formación es borrosa y difusa, y que los cursos opcionales, los seminarios y los trabajos de grado pueden ser un buen comienzo para aprovechar esa frontera y para captar estudiantes con espíritu investigativo para la formación posterior al pregrado.

La relación con el bachillerato

Se ha vuelto un lugar común la queja de la universidad sobre la baja calidad de los estudiantes que provienen del bachillerato, pero sin que aquella, en el más alto nivel del sistema educativo, ejerza una decidida acción orientadora y práctica sobre los otros niveles de formación. Es imperativo que los profesores universitarios, acompañados por algunos de sus estudiantes, se interesen por el mejoramiento de la escuela mediante la capacitación de los maestros, la creación de semilleros que fomenten entre los educandos la curiosidad y el interés por la investigación, el refuerzo de la formación en las áreas centrales del currículum y el apoyo a la buena administración de los recursos.

Es fundamental la atención que debe brindarse a las ciencias básicas como la matemática, la física, la biología..., así como a los campos de la informática, el lenguaje y la comunicación, los dos últimos en constante deterioro y sintomáticos del bajo nivel cultural de la nación. Crucial es el caso de la matemática, muy afectada en las últimas décadas por el temprano énfasis en el sistema axiomático, con perjuicio de las fuertes conexiones de dicha disciplina con las otras ciencias, la tecnología y la vida diaria. La grave situación de la enseñanza de la matemática en Antioquia y Colombia es reportada por Poveda (10) al citar trabajos de profesores de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.

Sin embargo, es necesario reconocer diferentes proyectos en marcha que apuntan a una significativa colaboración de la Universidad con los otros niveles del sistema educativo. Vale la pena referirse a las acciones del Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia, para sólo citar un ejemplo de la mayor importancia. Con la ayuda de profesores y estudiantes universitarios, dicho centro adelanta desde hace varios años un trabajo de mejoramiento escolar sintetizado así en su sitio de internet (11):

"Esta línea promueve la formación de los niños y jóvenes en ciencia y tecnología, la modernización de la escuela y la educación científica y tecnológica de alto nivel para la innovación, mediante: apoyo a los ambientes de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, uso educativo de las tecnologías de información y comunicación, mejoramiento de la gestión escolar y local de la educación y desarrollo de doctorados regionales en ingeniería. El enfoque de ésta línea se sintetiza en la gestión articulada para crear condiciones básicas propicias y desencadenar procesos de mejoramiento en tres niveles de intervención de la calidad de la educación: el aula, la institución educativa y el entorno."

Los resultados de dichas acciones muestran que hasta abril de 2004 se habían beneficiado de los denominados ambientes complementarios 788 estudiantes y 157 docentes de 47 escuelas, amén de los efectos positivos alcanzados sobre la gestión local de la educación y la gestión del aula

Es natural que las facultades de ingeniería apoyen dicho tipo de realizaciones como una manera de elevar la preparación de los aspirantes a cursar carreras en las diferentes ramas de la profesión. Incluso se ha llegado a proponer que se formalice una intensificación de la

ciencia básica en el bachillerato como requisito previo de ingreso a las carreras de ingeniería (12).

La propuesta de los cuatro años

En el documento (13), el rector de la Universidad Nacional de Colombia se refiere con propiedad en los siguientes términos a la duración de las carreras:

La propuesta más controvertida, aparentemente la más difícil de establecer y la que ofrecerá, sin duda alguna, mayores resistencias es la de reducir el tiempo que actualmente emplean los estudiantes para obtener su primer título universitario. Y aquí debemos ser claros: estamos rezagados, porque el debate ya se dio en la mayoría de los países y la universidades del mundo.

El planteamiento parte de la premisa del conocimiento continuo a lo largo de la vida, que implica una revaloración del significado social y peso cognitivo del primer grado universitario. Hoy no se puede ofrecer el ingeniero definitivo, el médico definitivo o el abogado definitivo, como se pretendía hace medio siglo. Todo grado universitario se otorga reconociendo implícitamente un matiz importante de insuficiencia. Todo conocimiento es insuficiente.

Por eso, ante la realidad del desarrollo mundial de la educación continua y de los posgrados, estamos obligados a revalorar las condiciones en que se otorga el título de pregrado. Quizás estemos "enseñando demasiado", entregando un profesional que supera los requerimientos del mercado y quizás menos preparado para la elasticidad del mundo ocupacional de nuestros días. En general, en Europa y en los Estados Unidos cinco años universitarios equivalen hoy por hoy a una maestría o a una especialización seria, consagrada, reconocida y avalada por la sociedad. Podemos entender las resistencias de las organizaciones gremiales, dirigidas generalmente por grupos de profesionales que se formaron en un mundo diferente, con más certezas y más rigidez."

Las reacciones previstas por el rector han venido ocurriendo, con frecuencia señalando que si no estamos satisfechos con los resultados de cinco años menos lo estaremos con los de cuatro, al parecer ignorando la nueva distribución del tiempo que aparece en la propuesta. En efecto, allí se sugiere dividir el año académico en tres períodos trimestrales de 14 semanas cada uno, en vez de los actuales dos semestres de 16 semanas cada uno, de modo que en el régimen trimestral se trabajaría durante 168 semanas por contraposición a las 160 de los cinco años del régimen semestral. Y es muy interesante destacar que si se acepta que en la actualidad se ven unas seis asignaturas por semestre, para un total de 60 en la carrera, en el régimen propuesto se podrían ver unas cinco por período para obtener las mismas 60. También es posible, como aparece en el texto del rector Palacios, que sólo se vean cuatro asignaturas por período trimestral, con énfasis en lo básico, en los métodos de trabajo, en la formación flexible y en la capacidad de aprender por sí mismo. El menor número de asignaturas cursadas al tiempo, permitiría una mayor concentración, intensificación y profundidad del estudio de cada una de ellas, lo cual debe beneficiar la calidad del aprendizaje.

Pero la propuesta en cuestión no tiene sentido si no va acompañada de unos cambios radicales en los contenidos de los cursos, la función del profesor y el modelo pedagógico, pues en caso contrario se estaría haciendo menos de lo mismo.

Con respecto a los contenidos, es inaceptable que profesores y estudiantes de ingeniería sigan viendo el mundo como determinístico, estático, lineal y gaussiano, ignorando el carácter complejo o caótico de la realidad y sus diferentes escalas, la importancia de los eventos extremos, la necesidad de la predicción, y las interacciones dinámicas entre los sistemas sociales, los sistemas naturales y los sistemas construidos por los seres humanos. Todo lo cual lleva al diseño de proyectos con una visión estática y para el cumplimiento de propósitos reduccionistas (14). Es urgente la actualización de muchos de las asignaturas tradicionales de los pñsumes de ingeniería a la luz del avance de los conocimientos, las conexiones interdisciplinarias, la integración de las visiones múltiples que exige la complejidad de cualquier problema de cierta envergadura, y la atención de urgentes necesidades sociales. Las facultades de ingeniería tienen que reconocer la existencia de fronteras difusas, de complementación y de cooperación con otras profesiones y disciplinas, tales casos como la medicina, la biología molecular, la biotecnología, la física... Una manera de lograr esta interacción es mediante la realización conjunta de estudios, investigaciones y proyectos concretos; otra podría ser el establecimiento de programas de posgrado que dirijan su atención a los temas y problemas que se plantean en dichas fronteras; y, en menor grado, sería del caso abrir nuevos programas de pregrado.

Al referirse a la función del profesor y al modelo pedagógico, es imperativo desterrar de una vez por todas el modelo de la clase tradicional, convertida hoy en un escenario de poder para los profesores rutinarios y mediocres. No vale la pena que el docente gaste la mayor parte de su tiempo repitiendo lo que seguramente está mejor en un libro, en un disco compacto o en internet. El profesor debe dejar la mayor parte de ese esfuerzo al estudiante y centrar su labor en analizar puntos difíciles, proporcionar enfoques personales que enriquezcan la temática del curso, efectuar las grandes síntesis de la materia, promover la crítica y la discusión con los estudiantes, estimular el trabajo en grupo y prohijar los logros colectivos. Los tristemente célebres "apuntes de clase" tendrían que ser proscritos por inútiles y por fomentar la aproximación memorística al conocimiento. Como desiderátum de corto plazo, habría que exigir a todos los profesores colocar en internet sus notas de clase, presentaciones y referencias, de modo que los estudiantes aprovechen su tiempo personal de modo más eficiente y se libere tiempo para lo esencial en la relación profesor - estudiante. La red de redes tendría que ser un instrumento para la ágil comunicación entre docentes y educandos, por ejemplo para lo que se refiere a asignación y recibo de tareas, consultas y aún discusiones.

Las nuevas tecnologías de la informática al servicio de la educación constituyen todo un programa para países como Estados Unidos. Conviene citar algunos apartes de lo que al respecto dice la Academia Nacional de Ingeniería de este país (15):

"En el futuro que se vislumbra, los recursos proporcionados por la tecnología de la información estarán integrados en forma continua al ambiente de la enseñanza y el aprendizaje. Estos recursos se diseminarán ampliamente, serán interoperables, se podrán compartir ágilmente, y se basarán en estructuras y guías definidas por una comunidad. La interoperabilidad será una prioridad para el diseño y desarrollo de los recursos de aprendizaje, y los correspondientes materiales tendrán el apoyo de ejemplos públicos que estimulen el discurso intelectual e identifiquen las mejores prácticas escalables y

sostenibles. Los ejemplos prácticos de mayor calidad orientarán los desarrollos, estimularán la difusión y diseminación, y asegurarán la calidad.

En el futuro, las instituciones educativas se transformarán en centros donde la creación de conocimientos, su diseminación y su compartir tendrán igual reconocimiento y énfasis.

Las tecnologías de información han influido fuertemente nuestra capacidad de educar. Su herramientas se vienen aprovechando en forma creciente para automatizar procesos administrativos en la educación secundaria y universitaria, así como para manejar y evaluar cursos; han hecho posible la educación a distancia y asincrónica mediante la eliminación de los requerimientos locativos durante el proceso de aprendizaje; han vinculado comunidades, bibliotecas y bases de datos proporcionando enormes cantidades de información que pueden ser utilizadas por los estudiantes para acrecentar sus estudios y por los educadores para construir módulos de enseñanza y textos; y muy en particular han prolijado tremendos avances en computación, simulación y visualización, lo que ha llevado a mejorar la enseñanza de la matemática avanzada y a facilitar la representación visual de complejos problemas y principios.

Los cambios señalados por la cita anterior, y mencionados en otros apartados del presente artículo, no serán nada fáciles de aplicar, en buena medida por la gran resistencia al cambio en unas instituciones tan conservadoras como las universidades. Pero existen ya algunas iniciativas en el medio que pueden ser aprovechadas. Es del caso que grupos de directivos y profesores interesados, con el apoyo de estudiantes bien escogidos, desarrollen programas pilotos que con base en monitoreo y constante evaluación puedan convertirse en modelo y estímulo para sectores más amplios de la respectiva comunidad académica.

Volviendo al tema del presente numeral, conviene mencionar que algunos arguyen que no es aconsejable reducir las actuales 16 semanas lectivas porque ello puede disminuir la calidad del aprendizaje. Pero obsérvese que esta opinión remite a la consideración de la clase tradicional como eje del proceso y olvida que uno de los aspectos fundamentales se relaciona con un cambio en los papeles del profesor como centro de dicho proceso y del estudiante como receptor pasivo, de modo que se dé una reducción de las horas presenciales en beneficio de un aprendizaje más autónomo por parte del estudiante.

En resumen, la aceptación de la propuesta del rector Palacios tendría resultados contraproducentes si no va acompañada de cambios radicales en la academia, como los que aquí se sugieren como aproximación inicial a un problema de múltiples y difíciles facetas.

Pero reducir la discusión a que si la duración es de cinco o de cuatro años, o a que si el título para este último caso tenga que ser "Ingeniero Técnico" o "Licenciado en Ingeniería", lleva a plantear mal el asunto. Lo esencial es definir el tipo de ingeniero que se requiere y luego proceder a señalar contenidos y métodos de trabajo para lograr dicho fin. O sea, en el nivel de pregrado el estudiante debe adquirir competencias generales y algunas específicas con el fin de vincularse al mercado laboral o a niveles más complejos de conocimiento, al mismo tiempo que "aprende a aprender" y queda preparado para un aprendizaje continuo y permanente a lo largo de su vida (16). Es bien posible que los cursos, laboratorios, seminarios, trabajo de grado, pasantías, etc. que se requieran conduzca a un número de asignaturas entre las 48 y 60 de que se habló al considerar la propuesta de períodos académicos trimestrales, todo ello por supuesto medido con ayuda del sistema de créditos.

Sin embargo, no es descartable que un cambio del paradigma pedagógico dé como resultado un menor número de asignaturas pero vistas con mayor profundidad y con unos métodos de trabajo y análisis eminentemente transferibles a otras asignaturas y áreas. Amén de una flexibilidad curricular basada en mayor oferta de saberes, claras posibilidades de elección por parte de los estudiante, eliminación de la pléyade de prerrequisitos académicos no indispensables y la definición de variadas modalidades para los trabajos de grado (17). La duración de la carrera será entonces una cuestión que dependerá de las posibilidades de cada estudiante; unos podrán terminar en cuatro años, otros en cinco o en cinco y medio, en gran medida como resultado de su preparación previa, dedicación, interés y, fundamentalmente, por el hecho de trabajar o no paralelamente a sus estudios. Uno de los meollos de la propuesta es intensificar el trabajo pues no se entiende cómo en la organización actual el año consta apenas de 32 semanas lectivas, cuando es bien factible aumentar dicho número a 42.

La universidad del futuro

Para finalizar, el autor de estas líneas desea referirse a lo que cree será la universidad del futuro, algo que por supuesto tiene enorme importancia para la profesión de ingeniería. La universidad del futuro será aquella que logre el encuentro de científicos y técnicos, por un lado, con humanistas y artistas, por el otro. Dichas visiones, a pesar de ser complementarias y exigir interacción, se encuentran muy separadas, y ello puede explicar en algún grado una de las tragedias de los tiempos actuales: el avance y dominio de la tecnología, frente al retraso de los valores y la condición humana.

Recuérdese lo que se decía sobre el ingeniero como orientador de la tecnología. Si a la formación en este campo se agrega una mayor comprensión de la cultura, sensibilidad social y sentido de la solidaridad, se tendrá un profesional con una preparación excepcional para no sólo manejar la tecnología sino para orientarla hacia la consecución de fines nobles.

Aquí habría que hablar, más que de interdisciplinaridad, de conocimiento transdisciplinario, o sea, de un conocimiento que vaya más allá de una simple disciplina. Dice Edgar Morin en el prólogo a un documento de la UNESCO sobre la educación del futuro (18): “El humano es a la vez físico, biológico, síquico, cultural, social, histórico. Es esta unidad compleja la que está completamente desintegrada en la educación a través de las disciplinas y que imposibilita aprender lo que significa ser humano. Hay que restaurar dicha unidad compleja de tal manera que cada uno desde donde esté tome conciencia de su identidad compleja y de su identidad común”.

Continúa Morin: “A partir de las disciplinas actuales, es posible reconocer la unidad y complejidad humanas mediante la organización de conocimientos dispersos en las ciencias de la naturaleza, en las humanas, en la literatura y la filosofía, y mostrar la unión indisoluble entre unidad y diversidad de todo lo humano”.

Referencias

- (1) Duque, Mauricio, et al, *Formación de ingenieros para la innovación y el desarrollo tecnológico en Colombia*, revista Dyna, Número 128, Medellín, 1999.

- (2) _____ *Seminario Ingeniería, Investigación y Sociedad*, Memorias, Colciencias, Universidad de Antioquia, Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia y Quirama, Medellín, 1998
- (3) <http://web.mit.edu/civenv/>
- (4) <http://www.ntb.ch/SEFI/H3E/index.html>
- (5) *La Universidad Oberta y Planeta anuncian la primera universidad virtual en castellano*, El País, Madrid, 23 de junio de 2000.
- (6) <http://ocw.mit.edu/index.html>
- (7) Silva, Eduardo, "Tendencias en ingeniería", Foro sobre tendencias de la educación en ingeniería, Facultad de Minas, Medellín, 2003.
- (8) _____ "Especial Posgrados", revista Semana, No. 1.143, marzo de 2004.
- (9) Hommes, Rudolf, "Educación y desarrollo", El Colombiano, Medellín, 4 de abril de 2004, página 4a.
- (10) Poveda, Germán, *El caos matemático en la ingeniería actual*, revista DYNA, No. 128, Facultad de Minas, Medellín, 1999
- (11) <http://www.cta.org.co/proyectos/lineas.asp?linea=1>
- (12) Valencia, Eduardo, "Documento propuesto por la Sociedad Antioqueña de Ingenieros y Arquitectos", Foro sobre tendencias de la educación en ingeniería, Facultad de Minas, Medellín, 2003
- (13) Palacios, Marco, "Hacia la innovación institucional en la Universidad Nacional de Colombia", Bogotá, 2003
- (14) Poveda, Germán, conversación personal con el autor, Facultad de Minas, abril de 2004.
- (15) <http://books.nap.edu/books/0309089743/html/29.html#pagetop>
- (16) Obregón, Diana, "Propuesta reforma curricular", Foro sobre tendencias de la educación en ingeniería, Facultad de Minas, Medellín, 2003
- (17) Londoño, Beatriz, "Reforma de los planes de estudio de ingeniería de la Facultad de Minas, Foro sobre tendencias de la educación en ingeniería, Facultad de Minas, Medellín, 2003
- (18) Morin, Edgar, *Siete saberes*, prólogo a un documento de la Unesco, Lecturas Dominicales, El Tiempo, Bogotá, 13 de agosto de 2000.

Ensayo que hace parte del libro

Estado actual de la ingeniería

publicado por la Sociedad Antioqueña de Ingenieros y Arquitectos

Medellín, Colombia, 2004