CIENCIA Y SOCIEDAD
Volumen VIII, Número 1
Enero - Junio 1983

EL ALGEBRA EN LA FORMACION DE UN INGENIERO

JOSE ML. NICOLAS B.

Cualesquiera que sean las ciencias puras o aplicadas, ambas necesitan del concurso de uno de los instrumentos más poderosos que el hombre haya podido jamás crear: la matemática. Su conocimiento conlleva la distinción entre el conocimiento científico (fundado en la experiencia y el razonamiento) y el conocimiento práctico (tendente a perfeccionar la técnica). De esta manera surge el campo científico, compuesto por matemáticos, físicos, químicos, etc., y el campo práctico o técnico, integrado por ingenieros, médicos, economistas, etc.

Estos campos se encuentran estrechamente relacionados. Por ejemplo, si un ingeniero va a realizar los cálculos antisísmicos de una estructura muy complicada, lo primero que él haría sería consultar a un científico para que éste le haga un modelo del comportamiento dinámico de la estructura bajo el efecto de la carga correspondiente. El científico, en cambio, obtendrá de la consulta del técnico (ingeniero) una nueva experiencia con su modelo, jamás por él concebida en el laboratorio. Entonces, es cierto que un científico trata de conocer para saber mientras que un técnico trata de saber para actuar, aun cuando los argumentos de uno sólo interesen al otro en la medida en que estos se hallen relacionados con los problemas científicos o prácticos que se presenten.

El álgebra, como rama de la matemática que se enseña en nuestras universidades para la formación de futuros científicos o de técnicos, abarca todos los requisitos exigidos en cuanto a temas se refiere.

Es decir, que el álgebra que se está impartiendo en nuestro país es lo suficientemente adecuada para satisfacer las necesidades del estudiante actual de Intenierfa, aun cuando con la enseñanza de esta materia no se haya podido conseguir totalmente una cimentación de conocimientos previos a los que en un curso siguiente puedan desarrollar los alumnos en asignaturas de aplicación práctica. No se debe por ello poner en duda la cultura algebraica de nuestros profesores, que es lo suficientemente buena y que tal vez pueda diferir de la de otros centros especializados en cantidad, pero no en calidad.

Además, como es sabido, en términos de temas los programas tradicionales no difieren radicalmente de los nuevos programas. Los cambios principales están en el enfoque y la presentación. No obstante, temas como los campos numéricos, los vectores, el lenguaje y los principios de conjunto, ciertos símbolos y terminología lógica y nuevas definiciones de variable, función y relación, no existían en los programas tradicionales.

Desde hace algunos años, profesores del Departamento de Matemática de la Universidad Católica Madre y Maestra se han reunido con profesores de la Facultad de Ingeniería de dicha institución para discutir temas análogos al que hoy estoy presentando o sea que las mismas inquietudes que tiene actualmente INTEC respecto al álgebra en la formación de un ingeniero, las están teniendo la mayoría de las universidades del país. Inclusive, en nuestro Departamento de Matemática se ha hablado de una reforma necesaria del plan de estudios del álgebra a nivel de primer año. Para mí, esta no es la solución, porque el álgebra es la misma, tanto aquí como en cualquier otro país. Lo más recomendable sería tratar de revisar algunos temas de los programas vigentes de esta disciplina, específicamente los correspondientes a Lógica y Teoría de Conjuntos, temas estos a los cuales se les dedica mucho tiempo que podría aprovecharse en otros tópicos tales como: la radicación, exponenciación, factorización, fracciones algebraicas, ecuaciones en una y dos variables, identidades y ecuaciones trigonométricas, sistemas de ecuaciones, incluyendo los problemas de planteo, tan necesarios para los estudiantes que sin un aprendizaje correcto de estos para cursos universitarios de cálculo actuales, no desarrollarían la habilidad aun para resolver los problemas más sencillos.

Son por todos bien conocidas las dificultades de los estudiantes para los mencionados problemas de planteo o verbales del álgebra. La penosa inquisición "debo sumar, restar, multiplicar o dividir?" ha asediado a los profesores de álgebra durante muchos años. En su desesperación, muchos profesores han clasificado esos enigmas por tipos y los han transformado en ejercicios.

Esto es lo que ocurre cuando los profesores limitan su enseñanza al sistema de "mostrar y repetir", apropiado para desarrollar una destreza, pero inútil para responder a cuestiones que exigen saber cuándo y por qué. En verdad, no es fácil tratar de determinar una secuencia correcta de pasos para la prueba de un "original". Además, el concepto de prueba deductiva es extraño y difícil de aprender. Ni la oratoria ni agitar las manos sirven para sustituir la lógica cuando la cuestión es de probar.

Deseo aclarar respecto a los tópicos anteriormente mencionados y a los cuales se les debe prestar mucha atención, que los enfoques que se les den a estos temas sean rigurosos, que al tratarlos no se reduzca mucho la práctica de los cálculos y que señalen un marcado interés hacia los estudiantes, de modo que ellos puedan entenderlos y retenerlos, para luego aplicarlos en cursos universitarios siguientes. El estudiante, por lo tanto, debe estar capacitado para apreciar y criticar la rigurosidad de estos temas, no debiendo el profesor obligarlo prematuramente a un nivel demasiado formal, porque quizás se desaliente y disguste, sino enseñarle que el sentimiento de rigor puede mejor aprenderse a través del ejemplo donde la demostración aclara dificultades reales más bien que interminables repeticiones.

Si los triunfos universitarios previos de un estudiante dependieran primordialmente de su capacidad para imitar y repetir o memorizar, su experiencia en otras disciplinas podría llegar a ser frustrante o trágica. Si es incapaz de adquirir sus nuevas responsabilidades rápidamente, tal vez se limite a memorizar y a concentrarse en aprender cómo realizar sus construcciones. Este estilo de enseñanza tiene muchos puntos débiles.

Siendo inmenso el número de habilidades concretas, la tarea de aprender resulta muy ardua. Interesa muy poco relacionar entre sí cada uno de los puntos aprendidos. Faltan enunciados de principios y generalizaciones que podrían ser empleados para organizar las numerosas habilidades concretas dentro de un pequeño número de unidades pedagógicas. Por lo tanto, no debe sorprendernos el bajo rendimiento del aprendizaje, ni que sean necesarios los repasos o repeticiones periódicos. No es extraño tampoco que muchos estudiantes se cansen de tales repeticiones.

Un cargo grave contra este tipo de enseñanza es que da una importancia inadecuada a la comprensión. Es posible que los estudiantes realicen operaciones matemáticas correctamente sin comprender la exposición razonada de sus actos. El clásico ejemplo es el estudiante a quien se había enseñado a obtener la solución de una ecuación lineal mediante "transposición". Enfrentado con:

$$1 = \frac{2}{x - 1}, \quad \text{escribía} \quad 1 - x + 1 = 2.$$

Otro ejemplo, el que iguala $\frac{3 + x - 1}{x - 2}$ a $\frac{3 + \cancel{x} - 1}{\cancel{x} - 2}$, esto es: -1, porque "se puede simplificar". Por lógica y en pedagogía se afirma que saber *cómo*, no es equivalente a saber *por qué*.

Este tipo de enseñanza de "mostrar y repetir" coarta tambien el desarrollo de aplicar la matemática. Saber cómo hacer algo no garantiza la habilidad de saber cuándo usar esa aptitud.

Recuerdo perfectamente, acabado de graduar de ingeniero civil en el año 1959, que trabajando para la Sección de Puentes de la Secretaría de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones de Santo Domingo, se me pidió que hiciese los cálculos estructurales de un puente y pueden creerme que no sabía por dónde empezar.

La capacidad de saber cuándo, es realmente una capacidad de resolver problemas. Abarca una elección de reacciones o de pruebas. Lo aprendido dentro de un contexto debe ser aplicado a diferentes situaciones. El resultado de la prueba debe ser estimado en función de lo que el problema significa. La insistencia excesiva sobre estas cualidades exigida por la enseñanza de "mostrar y repetir", constituye un estímulo negativo para muchos de los estudiantes de mayor capacidad intelectual. Por supuesto, la práctica y la exactitud son concomitantes necesarias para el progreso en álgebra. Sin embargo, si esas actividades no van acompañadas por experiencias que pongan a prueba el intelecto, los mejores estudiantes difícilmente obtendrían futuras experiencias en el álgebra.

La apreciación y la actitud están íntimamente relacionadas. En realidad, se ha clasificado la apreciación como un caso especial de la actitud. Entre las apreciaciones asociadas con el aprendizaje figura principalmente el poder de la matemática. Es dudoso que la enseñanza de "mostrar y repetir" pueda hacer alguna contribución importante ..., excepto, quizás, a la primera de ellas.

Ya desde el año 1923, los líderes de la educación matemática habían criticado el predominio exhorbitante dado a la destreza y a la repetición. Decían: "No hay que descuidar en ningún momento el desarrollo de la capacidad para captar y utilizar ideas, procesos y principios en la resolución de problemas concretos más bien que para la adquisición de la mera facilidad o destreza de las operaciones". Este empeño excesivo, hoy común, orientado hacia las operaciones, es uno de los obstáculos principales para el progreso de los inteligentes. Entonces, el problema clave de la enseñanza de álgebra es conseguir los medios más efectivos de guiar a los estudiantes hacia la adquisición del significado y la comprensión. Se ha demostrado que los estudiantes que aprenden álgebra con métodos didácticos que ponen el acento sobre el significado y la comprensión demuestran mayor capacidad para transferir su conocimiento de nuevos temas algebraicos que estudiantes de igual capacidad que han recibido una enseñanza dirigida fundamentalmente a la destreza y repetición.

Como ejemplo, consideremos la enseñanza de los logaritmos. ¿Por qué ln 1 = 0?. Un estudiante al que se le ha enseñado a repetir contestará lo siguiente: "Por la sencilla razón de que el logaritmo de la unidad en cualquier base es cero". Esta respuesta quizás satisfaga nuestra intuición, pero no nuestro sentido de la prueba. Otro estudiante que ha comprendido la enseñanza del álgebra, lo primero que pensaría es: ¿Cómo podría demostrar que ln 1 = 0, sin apelar a situaciones conocidas, sino a simples definiciones e inferencias lógicas? Luego, haría la siguiente racionalización:

$\ln 1 = \log_e 1$. Por definición de logaritmo $\text{Log}_e 1 = x \leftrightarrow (e^x = 1)$. En consecuencia $x = 0$ y por lo tanto, $\ln 1 = 0$.

De todo lo expuesto anteriormente deducimos que el estudiante debe estar capacitado para llevar sus problemas prácticos a términos matemáticos, los cuales resultan de suma trascendencia en su formación profesional.

Permítaseme hacer una breve exposición de un artículo aparecido en un periódico hace algunos días. Entre otros párrafos, comentaba: mantener a los ingenieros al día en el rápido desenvolvimiento científico del mundo de hoy se ha convertido en un problema que, para algunos observadores, desafía una solución.

Un significativo informe titulado: "Educación Cooperativa Vitalicia", cuyos autores son los profesores Robert Fano, Louis Smullin, James Bruce y William Gilbert, fue leído durante un simposio para conmemorar el centésimo aniversario del Departamento de Energía y Ciencias de Computadoras del M. I. T., y recomendaba que si se quería mantener la supremacía técnica norteamericana en el mundo, a los ingenieros les había llegado la hora del aprendizaje vitalicio. "Cada cuatro o cinco años hay descubrimientos que cuentan, a menos que un ingeniero eléctrico o científico de computadoras, cuando llegue a los 40 años quizás ya no sea el mejor", declaró Fano. Según Fano, el flujo de nueva información se acumula a un ritmo tan rápido que en el momento en que un estudiante se gradúa de ingeniero eléctrico, ya estará atrasado en datos.

Para concluir, debemos aceptar que todo ingeniero debe estar preparado para enfrentarse a los problemas tecnológicos del mundo actual y que esa preparación únicamente se logra a través de la enseñanza previa, concisa y rigurosa de la matemática.