

Informática y Matemáticas en la enseñanza secundaria

Vicente Trigo Aranda

En este artículo se analiza la coyuntura actual de la matemática en la enseñanza secundaria y su relación con la informática, haciendo una prospección del futuro desarrollo de ambas materias. Este desarrollo, necesariamente convergente al tratarse de dos potentes herramientas de cálculo interrelacionadas, es imprescindible e inevitable ya que los sistemas educativos deben concebirse y planificarse teniendo en cuenta las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías [1].

En primer lugar, y antes de pasar al análisis del presente entorno educativo, parece conveniente volver la vista atrás hacia el pasado de la informática y de la enseñanza matemática, con objeto de averiguar las razones por las cuales la enseñanza secundaria se encuentra en el estadio actual.

El pasado

¡Cálculos, cálculos, cálculos,!

Como ya es sabido los primeros ordenadores se construyeron con un fin exclusivamente calculista, debido a que las necesidades de la sociedad exigían cálculos cada vez más laboriosos y de mayor exactitud. Así, las máquinas de Babbage se diseñaron para elaborar sin errores tablas de logaritmos que facilitarían la navegación marítima; los primeros ordenadores se construyeron durante la II Guerra Mundial para realizar tablas balísticas que permitieran la máxima eficacia del armamento en combate; el analizador diferencial de V. Bush tuvo su origen en la predicción del movimiento de las mareas, etc.

Tengamos presente que la realización de cálculos, generalmente complicados, podía ser una labor

que exigiera de un científico arduos trabajos operacionales, impidiéndole desarrollar todo su potencial investigador y desaprovechando así gran parte de sus capacidades. Un ejemplo muy ilustrativo es el de Charles Delaunay [2]: en 1867 tras veinte años de trabajo, finalizó unas tablas para predecir la posición temporal de la Luna; en 1970 un ordenador realizó todas las operaciones en sólo veinte horas, descubriendo de paso tres errores que había cometido Delaunay.

Lógicamente en la enseñanza también se refleja esta importancia del cálculo. Como botón de muestra basta con leer el libro "Algebra" de José Mariano Vallejo, uno de los matemáticos españoles del siglo XIX de mayor influencia en la enseñanza. En esa obra dedica cien páginas a explicar un método, bastante engorroso por cierto, para resolver ecuaciones polinómicas.

A principios del siglo XX es de destacar el elevado número de métodos de cálculo que se aplicaban habitualmente, empujados por la imperiosa necesidad que exigía la práctica cotidiana [3]:

Métodos de cálculo habituales	
ALGORITMICOS	iteraciones, "regulas"
TABULARES	tablas numéricas
MECANICOS	regla cálculo, arithmómetros
GRAFICOS	ábacos o nomogramas

Paulatinamente los métodos mecánicos y gráficos fueron eliminados del entorno general educativo y acabaron refugiándose en carreras técnicas donde todavía hoy se siguen utilizando: arquitectura, ingenierías, etc.

En resumen: hasta la aparición y generalización de los ordenadores gran parte del esfuerzo estudiantil debía dedicarse necesariamente al aprendizaje memorístico de algoritmos de cálculo y manejo de tablas diversas. Como era previsible, el punto de mira de la enseñanza se trasladó del estudio de la comprensión del proceso al de su mecánica de aplicación.

El presente

¡Cálculos, cálculos, y comprensión!

En la actualidad aún persisten las secuelas de este tipo de educación matemática memorística y mecánica. Basta con realizar un breve análisis de los libros de texto de matemáticas en secundaria para descubrir multitud de ejemplos que corroboran esta afirmación. Así, además de explicarse el manejo de todo tipo de tablas (financieras, logarítmicas, trigonométricas, estadísticas, etc), aparecen sin cesar simplificaciones de toda clase, operaciones con irracionales, cálculos estadísticos y funcionales, interpolación polinómica, integración numérica, desarrollos de Taylor, resolución aproximada de ecuaciones, etc.

Sin embargo no todos los males se subsanan dedicando el tiempo empleado en enseñar cálculo reiterativo y manejo de tablas a la explicación y comprensión de las diversas materias, puesto que han surgido también otros varios problemas no menos importantes: excesivo formalismo, temarios poco realistas, etc.

¿Cómo puede ayudar a mejorar la enseñanza secundaria de las matemáticas la introducción del ordenador en el aula?. Las cuestiones que se analizan seguidamente ayudarán a clarificar algunas posibles respuestas.

¿Cuáles son las razones del fracaso escolar en matemáticas?

Es innegable el elevado fracaso escolar de los estudiantes en matemáticas y, de hecho, la sociedad parece considerarlo inherente con esta asignatura. Son varios y muy diversos los aspectos que originan el rechazo hacia las matemáticas por parte del alumnado. Algunos de ellos son de índole extraacadémica (razonamiento lógico, capacidad de abstracción, etc) pero existen otros (curriculares, expositivos, etc) manifiestamente mejorables y en los cuales la informática tendrá mucho que decir en el futuro. De estos últimos pueden destacarse los siguientes:

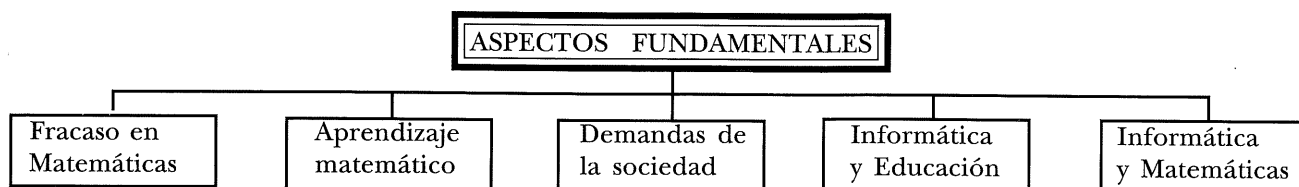
Aprendizaje memorístico de métodos de cálculo que les son totalmente ajenos ya que no se les ven ninguna utilidad práctica.

Exposición demasiado perfecta y rigurosa de dichos métodos, de forma que las matemáticas se presentan como una ciencia ya completa, cerrada en sí misma, y sin posibilidad de que el alumno descubra nada por sí mismo. Además, se muestra todo como resultado de un proceso deductivo cuando la realidad es que, generalmente, se ha obtenido como consecuencia de razonamientos empíricos e inductivos

Estudio formal de conceptos matemáticos que se hallan fuera de su comprensión, a causa de su elevado grado de abstracción, sin tener en cuenta que la formalización debe ser siempre el último peldaño, no el primero. El ejemplo más ilustrativo es la tan denostada "Matemática Moderna" [4]

El olvido cada vez mayor de la geometría, que se ha reducido a una mera sucesión de nombres y fórmulas, obviando que se trata de una de las principales armas matemáticas para favorecer la visión intuitiva de los problemas.

Por un mal entendido pudor matemático, los aspectos manipulativos y lúdicos se dejan de lado por su presunta falta de seriedad y rigor. Sin embargo, la historia de las matemáticas presenta innumerables de ejemplos de temas que han tenido su origen en las llamadas "matemáticas recreativas".



¿Cómo debe ser el aprendizaje matemático?

En la cuestión anterior se han abordado algunas de las razones que han llevado al actual fracaso, por consiguiente la metodología de la enseñanza matemática tiene que tender a evitar la repetición de dichos errores. Así, debería invertirse el orden de preferencia que tienen ahora los tres aspectos básicos metodológicos:

- 1º) conocimientos de información
- 2º) técnicas específicas
- 3º) estrategias generales

de modo que se haga especial hincapié en las estrategias dedicadas a que el estudiante investigue y explore, a través incluso de sus propias contradicciones [5], ya que el razonamiento matemático se apoya en una atmósfera de interrogantes, desafíos y reflexión. [6]

¿Qué matemáticas demanda la sociedad?

En la etapa obligatoria de la enseñanza secundaria las matemáticas deben ser necesariamente prácticas, a un nivel pretécnico, y encaminadas a la resolución de problemas, potenciando en el alumno una serie de cualidades que superan los límites del mundo matemático: comprensión y análisis, intuición, método, etc.

Las palabras de Gary Kildall sobre este tema son muy claras: "Yo enseñaba dos cosas que es importante que los alumnos aprendan: como resolver problemas y como estudiar.... si uno aprende a resolver problemas, puede manejarse en la vida y arreglarse las bastante bien" [7]

Será sólo en la etapa preuniversitaria cuando se introduzca el formalismo, no antes. Por ejemplo, es un absurdo pedagógico y matemático que, como sucede en la actualidad, a estudiantes de E.G.B. se les definan los enteros como representantes de una clase de equivalencia.

¿Cuál es el estado actual de la informática educativa?

En la actualidad la informática se comienza a introducir en la enseñanza secundaria en dos vertientes claramente diferenciadas(1):

Como una potente herramienta auxiliar a nivel de usuario, con software comercial y específico: procesador de textos, base de datos, diseño asistido, bibliotecas y bancos de datos accesibles desde el centro, etc

Como medio de resolución de problemas: hoja de cálculo y lenguajes de programación.

Sin desechar la primera vertiente, que es y será cada vez mas un auxiliar para todas las materias curriculares, es la segunda la que ofrece mas posibilidades de interrelación con las matemáticas.

¿Cómo incluir la informática en la enseñanza matemática?

El ordenador permite que el propio alumno tantee y visualice los problemas, de tal forma que el aprendizaje se interiorice y sea un proceso personal. Con ayuda de la informática las matemáticas en secundaria pueden dejar de ser el cuidado y perfecto invernadero que son en la actualidad para convertirse en un terreno semivirgen que el estudiante puede y debe explorar.

(1) Hay otro aspecto de la informática educativa que, aunque pueda llegar a ser muy interesante en el futuro, hoy por hoy es casi inexistente en los centros: la enseñanza asistida por ordenador, E.A.O.[8]

Como se ha expuesto anteriormente, dos de los procedimientos mas adecuados para integrar la informática en las matemáticas son la hoja de cálculo y el empleo de un lenguaje de programación, ya que ambos posibilitan una resolución heurística de los problemas (frente a la tradicional y exclusiva solución deductiva), al permitir realizar hipótesis y comprobar su grado de verisimilitud casi al instante.

Hoja de Cálculo

Es un programa estandar de usuario que ha sobrepasado los límites del círculo empresarial para incorporarse cada vez con mas empuje al ámbito educativo ya que, aunque por ser un programa de usuario no tiene la flexibilidad que pueda ofrecer un lenguaje de programación, presenta otras ventajas que lo hacen especialmente aconsejable:

- su manejo es relativamente fácil de aprender y puede ser util en la posterior introducción del alumno en el mundo laboral.
- elimina gran parte de la mecánica operativa por lo que posibilita una mayor dedicación a la comprensión de los conceptos.
- facilita en gran medida el estudio de cuestiones matemáticas que son bastante áridas explicadas

- ante una pizarra: estudio funcional, distribuciones estadísticas, etc.
- permite el estudio intuitivo de temas complejos (ecuaciones funcionales, desarrollos en serie, etc), de modo que su posterior estudio teórico será mucho mas comprensible y asimilable.

Lenguajes de programación

Los lenguajes de programación son una de las principales herramientas para la resolución de problemas pero esto no quiere decir que todos los alumnos de secundaria deban saber programar perfectamente; basta con que dominen las técnicas elementales.

El principal escollo que presenta la programación en enseñanza es el de la elección del lenguaje mas adecuado. Si se tiene en cuenta que lo importante no es su dominio sino el aprendizaje de estrategias generales de resolución del problemas la elección es clara, ya que un buen lenguaje educativo debe satisfacer entre otras las siguientes condiciones:

- Sencillez: evitar que su aprendizaje y posterior empleo conlleven mas dificultades que beneficios se esperan.
- Modularidad: facilitar el trabajo en equipo y los sucesivos refinamientos del programa.
- Estructuración: impedir el caos de esos programas en que la estrategia brilla por su ausencia.
- Rapidez: es imprescindible en simulaciones, cálculo científico, etc.
- Utilidad: poder emplear posteriormente en el mundo laboral o universitario los conocimientos técnicos adquiridos.

Hoy por hoy parece evidente que el lenguaje mas próximo a este ideal es el Turbo Pascal y por ello ha sido adoptado para la enseñanza secundaria por la mayoría de los países avanzados.

Laboratorio matemático

Partiendo de la base de que tanto la hoja de cálculo como la programación son dos complementos muy importantes de las matemáticas, es imprescindible y urgente la creación en los centros educativos de laboratorios informáticos donde los alumnos

tengan la oportunidad de realizar prácticas matemáticas, de modo análogo a como ya se han introducido los laboratorios de física, química, idiomas, etc.

En estas prácticas inicialmente se formará al alumnado en las técnicas básicas informáticas para, posteriormente, aplicarlas a la resolución heurística e intuitiva de los problemas.

El futuro

¡Comprensión, comprensión y cálculos!

Actualmente la informática se encuentra todavía en un estadio primitivo. Hoy en día parece muy alejada la época de los Spectrum o Apple pero debe recordarse que hace menos de diez años que surgió el P.C. (su presentación en sociedad tuvo lugar el 12/8/81). Es de suponer que los cambios futuros que se produzcan en informática sean asombrosos en los terrenos del software y hardware.

En lo relativo a educación es inevitable que estos cambios incidan de una manera revolucionaria:

La inteligencia artificial [9] permitirá crear sistemas expertos que sepan diagnosticar individualizadamente la etapa de comprensión de cada alumno, de tal manera que el propio ordenador será capaz de comunicar al estudiante sus carencias en la materia objeto de aprendizaje.

En hardware los avances aún serán mas espectaculares: en el equivalente a una sencilla calculadora actual, se tendrá a disposición del usuario cantidades ingentes de información. Esto implica que la tarea del estudiante no será tanto memorizar conocimientos sino saber localizarlos.

La telemática influirá de manera decisiva en el cambio del rol social asignado a los centros de enseñanza. La labor del profesor no consistirá en transmitir conocimientos y controlar al alumnado, sino en supervisar y coordinar su trabajo, que cada vez en mayor medida será investigativo y descubridor.

En el aspecto matemático en concreto, los ordenadores llevarán incorporadas la gran mayoría de las funciones de cálculo, incluso las más específicas y técnicas, por lo que su aplicación manual irá cayendo progresivamente en desuso. El estudiante podrá despreocuparse de los aspectos mecánicos para centrarse en los comprensivos.

Como será absolutamente inevitable la presencia de la informática en educación es aconsejable, si se desea evitar el sempiterno desfase técnico y educativo, que ya se incorpore progresivamente al curriculum escolar.

Sin embargo, esta introducción puede traer consigo una serie de nuevos problemas (pedagógicos, sociológicos y psicológicos) e interrelaciones (profesor-alumno-ordenador) que deberán analizarse en profundidad para soslayar un nuevo fracaso escolar de distinta índole.

Para ello el educador ha de tener siempre presente cuales son los objetivos de su enseñanza y, como suele suceder a menudo, volver la vista al pasado es un ejercicio gratamente ilustrativo. Por dicho motivo, este artículo concluye con cuatro citas de autores

clásicos, presentadas por George Polya en el II Congreso Internacional sobre Educación Matemática (Esether, Inglaterra 1972).

Socrates: "Las ideas deben nacer en la mente de los estudiantes y el profesor sólo debe actuar como comadróna"

Leibnitz: "Nada hay mas importante que ver los caminos de la inventiva, que son, en mi opinión, mas interesantes que las invenciones mismas"

Kant: "Todos los conceptos humanos empiezan con intuiciones, prosiguen con conceptos y finalizan con ideas"

Herbert Spencer: "¿Qué es enseñar bien?... Dar la oportunidad al estudiante para descubrir las cosas por sí mismo"

Bibliografía

- [1] - Comisión Internacional sobre el Desarrollo de la Educación
"21 puntos para una estrategia de la educación"
El Correo de la Unesco, Págs 33-35, Mayo-Junio 1986
- [2] - R. PAVELLE, M. ROTHSTEIN, J. FICH
"Algebra por ordenador"
Investigación y Ciencia, nº 65, Págs 82-91. Febrero 1982
- [3] - MAURICE D'OLAGNE
Le calcul simplifié par les procédés mécaniques et graphiques
Gauthier-Villars, 1905
- [4] - MORRIS KLINE
El fracaso de la matemática moderna
Siglo XXI, Madrid 1978
- [5] - GRUPO CERO
Estrategias, conjeturas y demostraciones
I.C.E. Universidad de València, 1982
- [6] - J. MASON, L. BURTON, K. STACEY
Pensar matemáticamente
Labor-M.E.C., Barcelona 1988
- [7] - SUSAN LAMMERS
Programadores en acción
Microsoft-Anaya, Madrid 1988
- [8] - FRANCISCO MARTIN CASALDERREY
"Los usos educativos de la Informática"
(Informática y Enseñanza. Muestra de experiencias)
CEP de Monzón, Monzón 1986
- [9] - SUSAN J. SCOWN
The Artificial Intelligence Experience: An Introduction
Digital Equipment Corporation, 1985