

EL ORDENADOR Y EL PROFESOR DE MATEMÁTICAS: ¿ENEMIGOS O ALIADOS?

Víctor Álvarez Solano (Universidad de Sevilla).
Eugenio Manuel Fedriani Martel (Universidad Pablo de Olavide).

Se pretende analizar un debate habitual mediante la presentación de un programa informático en el que se potencia el aprendizaje recreativo de las Matemáticas. Utilizando las posibilidades del ordenador, el alumno evaluará sus conocimientos enfrentándose a ágiles pruebas. El propio formato del juego motiva el afán de superación, proporciona una herramienta para el mejor desarrollo de destrezas y capacidades y desemboca en un aprendizaje más completo.

El software disponible hasta la fecha es aún limitado y se encuentra en fase de experimentación en el aula. En esta versión preliminar, el alumno encara dos mundos diferentes: uno compete al cálculo mental, a través de la evaluación de polinomios en una y varias variables en puntos enteros dados; y el segundo le sumerge en la Geometría plana, en lo que toca al cálculo de perímetros y áreas de polígonos con vértices dispuestos sobre una malla regular de puntos en el monitor. Analizaremos en esta comunicación los resultados cosechados y las mejoras previstas en el futuro.

Señor director:

Alarmado por la difusión que tendría en su diario la proclama de un colega matemático en relación con la bondad del uso de los ordenadores en la enseñanza de las Matemáticas, espero que tenga a bien publicar asimismo en ese medio escrito una inevitable réplica a tan magno despropósito.

En primer lugar, he de advertir de los peligros que conlleva el uso del ordenador como herramienta para asistir la enseñanza en la escuela. ¿Acaso no es sabida la predilección de nuestros jóvenes alumnos por ese pozo oscuro de las vídeo-consolas y demás juegos de ordenador? De un lado, se puede considerar que el facilitarles el acceso desde temprana edad al fascinante mundo de la Informática es una vía para integrarlos en la sociedad informática hacia la que sin duda nos encaminamos; pero esta alternativa encierra la posibilidad de que se distraigan en sus tareas de aprendizaje e incluso desaprovechen los recursos a su alcance para malgastar el horario lectivo en un consentido salón recreativo público supervisado por la Administración.

Además, para poder utilizar como herramienta un ordenador, es imprescindible saber cómo manejarlo. Y esto representa un doble problema: ¿saben hacerlo acaso todos los alumnos? En caso negativo, ¿quién les enseñará? Una pregunta un tanto más delicada, ¿en qué horario? Y la cuestión más delicada, ¿sabe el profesor utilizar este medio? ¿Estaría dispuesto a aprender de no ser así? En mi caso (y no soy un “punto aislado”), ni estoy capacitado para afrontar un compromiso de esa envergadura ni creo que sea mi obligación el tener que improvisar unos conocimientos informáticos que en nada me atraen ni benefician.

Y arma de doble filo se presenta, después de la experiencia de la irrupción de la calculadora en la bitácora de los estudiantes. La merma en la capacidad de cálculo mental con el uso de los “ábacos digitalizados” se constituyó en un problema generalizado en todo el Mundo. ¿Qué consecuencias traerá la utilización no sólo de una calculadora, sino de todo un ordenador? ¿No representaremos gráficamente funciones a mano? ¿Perderemos toda noción geométrica, la intuición de movimientos en el espacio?...

Por otro lado, en el supuesto de que se contara con un soporte informático para la ayuda en la enseñanza, ¿cuánto dinero estaríamos dispuestos a invertir en semejante proyecto? Hay que tener en cuenta no sólo la partida presupuestaria inicial para el coste de los primeros equipos, sino también el mantenimiento y la actualización de los mismos, sin contar con el pago de las licencias necesarias para los paquetes informáticos disponibles en el mercado de que se quiera hacer uso. Parece, sin más, inviable, desde todo punto de vista económico.

Juan Napier.

Señor director:

En respuesta a la carta del señor don Juan Napier publicada en su diario y en la que se contestaba a una anterior mía, debo manifestar que este señor, o no sabe lo que es un ordenador o nunca ha intentado aplicarlo a la enseñanza de las Matemáticas.

No comprendo cómo puede comparar el uso didáctico de la Informática con los juegos de ordenador (no obstante, también hay juegos para ordenador que son muy formativos y que mejoran, por ejemplo, la concentración de los chicos) o echarle la culpa de que no sea una herramienta útil cuando la culpa es de que algunos no sepan utilizarla bien.

Las calculadoras, como todo el mundo sabe, realizan de forma precisa operaciones que nos harían perder el tiempo. ¿Hay alguien que no considere útil que un alumno aprenda a usar correctamente las calculadoras cuando no volverá a realizar esas tediosas multiplicaciones, divisiones o raíces cuadradas?

El uso de los ordenadores en la enseñanza es un medio idóneo para darle al alumno lo que necesita: grandes dosis de información de forma dinámica (a esto es a lo que está acostumbrado el “joven multimedia” por culpa de los medios audiovisuales). Además, integra en la sociedad moderna a la “nueva sociedad moderna”. No podemos negar a un estudiante el conocimiento de algo que le va a resultar absolutamente imprescindible en el futuro.

Ahora mismo, el joven tiende a asociar el ordenador con algo placentero (acostumbrado a los videojuegos...) y no podemos dejar de aprovechar esta oportunidad. El ordenador es, de hecho, más divertido que cualquier profesor de Matemáticas, lo cuál motiva más al alumno y le proporciona nuevas “excusas” para adentrarse en las Ciencias Exactas.

Gracias al ordenador los alumnos sienten al profesor más cerca (en cada uno de los puestos de trabajo tienen un “profesor particular”) y también la asignatura está más cerca. La clase se vuelve más participativa, los alumnos pueden hacer sus propios programas para resolver sus propios problemas... Incluso los alumnos superdotados pueden encontrar una vía de expansión a sus posibilidades y los que no lo son pueden sentir que dominan la asignatura (aunque no lo hagan completamente).

Y todo esto sin hablar de cómo se contrasta lo aprendido teóricamente en clase con ejemplos tan numerosos como se quiera, cómo se fijan los conocimientos y se facilita la comprensión de otros (¿alguien realiza representaciones gráficas de funciones mejores, más claras o más precisas que un computador con un programa adecuado?)...

Carlos Babbage.

Nos sentimos en la obligación de poner un poco de paz en una discusión que ha preocupado a los que tratan de hacer llegar la Matemática con tanto esfuerzo y acierto como les sea posible. Tal vez resulte obvio comentar que parece ilógico renunciar a usar el ordenador en clase en el penúltimo año del siglo XX, pero sí conviene advertir de los peligros que puede acarrear una utilización incorrecta o abusiva de estas nuevas tecnologías.

Numerosos matemáticos españoles ya han planteado y respondido cuestiones similares a la del título de esta comunicación (como se puede comprobar en la bibliografía que se adjunta al final del trabajo). Si bien es cierto que alguien que escribe de ordenadores en la educación matemática suele ser partidario de la misma, se pueden encontrar, sin excesiva dificultad, opiniones de quien ha desistido de plantear respuesta a los nuevos retos educativos que integran el uso del ordenador con el aprendizaje de las Matemáticas. Como solía decir un experto informático, aburrido de luchar siempre contra las mismas dificultades, “cuanto más tiempo paso con estas máquinas, más impresionado estoy de lo tontas que son”.

A lo largo de la reciente historia de la Informática (ciencia motivada por problemas eminentemente matemáticos), se ha tratado de conjugar las ventajas e inconvenientes del empleo de las máquinas y de la dependencia de éstas. Ya en 1949, Harry M. Davis se atrevía a afirmar: “Los computadores electrónicos merecen el título de “cerebros”, pues pueden resolver fácilmente problemas tan intrincados y laboriosos que harían palidecer al matemático más paciente”; cita, ésta, que complementa a otra mucho más conocida y utilizada por los informáticos: “Es un lugar común profundamente erróneo, repetido en todos los libros poco originales y por gente eminente cuando hacen discursos, que deberíamos cultivar el hábito de pensar lo que estamos haciendo. Precisamente lo contrario es lo cierto. La civilización avanza extendiendo el número de operaciones importantes que podemos realizar sin pensar sobre ellas. Las operaciones del pensamiento son como cargas de caballería en una batalla, son estrictamente limitadas en número, requieren caballos frescos, y han de hacerse solamente en momentos decisivos.” (Alfred North Whitehead).

Aunque suele ser un argumento de peso la capacidad del ordenador para realizar tareas ingratas al ser humano, también hay quien encuentra en esto un motivo de alarma, como John G. Kemeny, que en 1965 apuntó: “A menudo se nos presentan utopías en las cuales todo el trabajo duro se hace por la máquina y nosotros meramente oprimimos botones. Esto puede sonar como un sueño perezoso del cielo, pero de hecho el hombre es incluso más perezoso que esto. Tan pronto como se le pregunta tal utopía pregunta: “¿Y no podría construir una máquina que oprima los botones por mí?” Y, efectivamente, comenzó a inventar tales máquinas en el siglo XVIII”.

Y es que, a mitad de los 60, algunos pensadores empezaban a ver a los ordenadores como una amenaza; temían que la atrofia del intelecto fuese una consecuencia directa de la aparición de máquinas que discurriesen por los hombres que las habían creado. Otros defendían la tesis de que los ordenadores servirían para que los científicos dejasen de preocuparse por cosas sin importancia (cálculos rutinarios...) y pudiesen concentrarse en tareas más vitales: “el instrumento será simplemente aceptado y la tarea intelectual se buscará en otro sitio”, como prevé Anthony G. Oettinger, en su artículo de 1966 “La utilización de los computadores en la Ciencia”.

En el mismo texto, Oettinger nos da algunos avisos que creemos de interés: “Es esencial, por supuesto, para todo el mundo, entender sus instrumentos lo bastante bien para utilizarlos propiamente, pero el computador es, en este aspecto, como cualquier otro instrumento típico. Como cualquier buena herramienta,

debería ser utilizada con respeto.[...]

Lo mejor de todo es que no es necesario distinguir entre la herramienta de la clase y aquélla que está a disposición de los estudiantes para sus tareas en casa, para sus cálculos de laboratorio, o para sus proyectos individuales de investigación. La transición entre la clase y la vida, por lo tanto, promete hacerse más suave. Puesto que los computadores no son todavía ni tan transparentes ni tan baratos como se podría desear, quedan aún por resolver muchos problemas de técnica y de financiación. En cualquier caso, ninguna panacea se ha encontrado para los males de la educación, y solamente se ha aumentado la gama de posibilidades de elección.”

Y, de hecho, se muestra esperanzado en las nuevas posibilidades que la informática proporciona a la docencia; imagina que las clases impartidas con ordenadores serán como películas en las cuales el alumno puede interaccionar (simplemente, por ejemplo, parando para preguntar una duda) y el profesor se puede adecuar a cada situación (por ejemplo, añadiendo explicaciones por cualquiera de los métodos tradicionales).

El desarrollo de la Informática de forma casi paralela a las necesidades docentes e investigadoras nos hacen reconocer como fruto del pensamiento actual palabras como las que siguen: “En breve, los computadores son capaces de afectar profundamente la Ciencia mediante la extensión de la razón e intuición humana, en gran manera del mismo modo como los telescopios o microscopios extienden la visión humana. Sospecho que los efectos últimos de esta extensión serán tan profundos como los efectos de la invención de la escritura. El que el producto sea la verdad o un sin sentido, dependerá más del que usa la herramienta que de la herramienta misma.” (Anthony G. Oettinger, 1966).

Dejando a un lado problemas colaterales (tales como la disponibilidad real de ordenadores en número suficiente para dotar mínimamente a un centro de enseñanza secundaria, el conocimiento previo de los alumnos en cuestión de Informática o la incertidumbre acerca de en qué grado puede afectar positiva y negativamente a la formación del estudiante), el principal objetivo de este trabajo entronca con la intención de dar un uso adecuado a los ordenadores como herramienta en la enseñanza de las Matemáticas. Es nuestra motivación la de proveer al alumno con una ayuda de tipo informática, que le sea a la vez cómoda, exhaustiva y muy manejable, potenciando así una más completa formación en el denostado aprendizaje de las Matemáticas.

El proyecto en el que nos encontramos embarcados es, si cabe, aún más ambicioso, en el sentido de que pretendemos abarcar todo el ciclo de docencia de las Matemáticas comprendido en la enseñanza obligatoria, e incluso contamos con la participación del propio alumno para incrementar, mejorar y mantener en todo momento actualizado el software en inicio disponible (ampliaciones y mejoras que se contemplan para versiones posteriores). En estas jornadas vamos a mostrar el primer estadio del trabajo, en el que ha nacido el programa que hemos dado en llamar “TOPO”.

Ante todo, hemos de advertir que en la versión preliminar ahora disponible el lenguaje de programación utilizado ha sido el Q-Basic, que no ofrece las ventajas y comodidades de algunos otros de fácil acceso en el mercado. Esto es debido, en gran parte, a las limitaciones en tiempo de los propios autores, que vieron en el lenguaje elegido la forma más operativa de comenzar el trabajo, con vistas a disponer en corto plazo de un primer programa piloto en el que realizar pruebas y determinar el camino a seguir en un proyecto de más envergadura. Es aquí donde está previsto el uso de un lenguaje más avanzado y sobre todo más agradable de cara al usuario, como es el Visual Basic. Hay que tener en cuenta, también, la disponibilidad de software y hardware en los centros.

En nuestro afán por establecer un “mentor virtual” que ayude en todo momento y ante cualquier duda o adversidad matemática a los alumnos, decidimos iniciar la aventura por dos senderos en principio distanciados, aunque la realidad sea bien diferente: el primero reivindica la conveniencia de tener soltura al efectuar operaciones algebraicas con funciones y números, potenciando la agilidad en el cálculo mental; y otro, asimismo interesado en el desarrollo de las capacidades de cálculo en una vertiente más geométrica, en la que el alumno habrá de trabajar con polígonos, no necesariamente convexos, dibujados aleatoriamente.

Nada más ejecutar por vez primera TOPO, en una pantalla de presentación se nos da a elegir entre dos opciones; referente al cálculo de valores numéricos en operaciones algebraicas con funciones, la primera; y a la determinación de perímetros y áreas de polígonos, la segunda. El programa se encuentra a la espera de que el usuario elija alguna de las opciones que se ofertan. Es una pauta generalizada en todo el recorrido del programa que la fase de interacción con el usuario se realice a través de preguntas y respuestas, mediante el uso del teclado para la introducción de comandos, seguidos de la pulsación del retorno de carro (INTRO o ENTER) para la verificación del dato de entrada. En caso de que la entrada no se corresponda con una de las esperadas, TOPO retoma la pregunta inicial en cuestión.

Para introducirnos en una u otra opción, hemos de teclear la letra correspondiente: “F” en el caso de querer trabajar con funciones y “G” si preferimos en cambio medir nuestras capacidades en el cálculo de perímetros y áreas de polígonos dados. En cualquiera de los dos casos, a continuación se nos ofrece una pantalla informativa acerca de lo que nos espera.

Si la opción que hemos determinado tomar es la primera, TOPO nos advierte que a lo largo de 10 preguntas

habremos de precisar el valor de ciertas operaciones aritméticas con funciones sustituyendo las variables de que dependen por valores numéricos concretos. Hay 9 niveles de dificultad establecidos, en los que varían el tiempo disponible para contestar, la complejidad de las operaciones aritméticas y el número de variables implicadas. TOPO tiene previsto hasta tres opciones para responder cada pregunta, aunque en el recuento final cada fallo penaliza con un punto. Tras cada una de estas preguntas, un mensaje recuerda la proporción entre preguntas contestadas y errores cometidos. Para poder acceder a la siguiente pregunta, hemos de pulsar la tecla de escape (ESC), penalizándose con un fallo al usuario que tarde más de lo debido en realizar esta operación (¡TOPO no permitirá ni un respiro de más cuando uno se encuentra en mitad de una prueba!). Una vez efectuado un bloque de 10 preguntas, TOPO evalúa el test realizado con una nota numérica comprendida entre 0 y 10, ambos inclusive, que depende del tiempo empleado y los fallos acumulados.

Ahora, se abre la opción de continuar con el cálculo de funciones (pudiendo cambiar a su vez de nivel), o pasar a la prueba de Geometría. En este último caso, otra pantalla da información general sobre los objetivos que se persiguen en esta parte del programa. Se trata de hallar el perímetro, y en su caso el área, de polígonos con vértices en una red de puntos. La complejidad en la figura de los polígonos así como el hecho de calcular sólo su perímetro o acaso también la superficie que encierran, depende del nivel elegido, de menor a mayor.

La malla de puntos se dispone regularmente sobre el monitor, de modo que se puede tomar como unidad de medida la longitud mínima entre dos puntos de la red (que coincide en ser la distancia de dos cualesquiera puntos consecutivos dispuestos ambos vertical u horizontalmente). Los resultados de los cálculos se expresarán precisamente respecto de esta longitud de medida. La precisión que espera TOPO del usuario se remite a la parte entera del valor real, aunque finalizada la prueba refleja en pantalla el valor exacto. En este estadio, TOPO nos permite ensayar con más dibujos, con tan sólo elegir la opción correspondiente.

Dadas las dificultades en la resolución de la prueba, es lícito el introducir operaciones indicadas en el resultado final, tales como sumas de raíces cuadradas y similares. La idea que persigue semejante licencia es la aplicación reiterada del Teorema de Pitágoras a partir de una triangulación del polígono, para de este modo simplificar el cálculo del perímetro y del área en función de la de triángulos rectángulos. Por lo que respecta a la versión actual, en esta parte no está contemplada ninguna limitación temporal para superar la prueba: parece fuera de lugar teniendo en cuenta que la complicación de los cálculos aumenta respecto la primera.

A grandes trazos, éste es el primer paso en nuestra empresa de formalizar un software ameno y completo que asista en la enseñanza de las Matemáticas. Los resultados que coseche y su utilidad y aceptación por parte de los alumnos será parte fundamental de la exposición en las jornadas el próximo Septiembre, cuando ya dispongamos de una cantidad apreciable de datos contrastados. Aunque muy preliminar y en apariencia a veces rudimentario, nos parece que TOPO se ajusta en gran medida al objetivo que nos hemos marcado. Así sea.

BIBLIOGRAFÍA (en cada referencia hay abundante Bibliografía relativa al tema):

- Felipe López Fernández. El ordenador en la clase de Matemáticas escolares. Suma 1989, vol.2 pp.65-69.
José Antonio Mora Sánchez. Las calculadoras en las clases de Matemáticas. Suma 1994, vol.18, pp.49-55.
Leoncio Santos Cuervo. Las nuevas tecnologías y la enseñanza de las Matemáticas. Suma 1998, vol.29, pp.89-96.
Vicente Trigo Aranda. Informática y Matemáticas en la enseñanza secundaria. Suma 1991, vol.7, pp.23-27.
José R. Vizmanos. ¿Desaparecerá el álgebra elemental con la utilización de las nuevas calculadoras gráficas? Suma 1997, vol.26, pp.53-58.
Elfriede Wenzelburguer Guttemberg. La calculadora en la enseñanza de la matemática. Suma 1991, vol.7, pp.65-68.
Elfriede Wenzelburguer Guttemberg. Nuevas tendencias en la matemática y su enseñanza. Suma 1993, vol.13, pp.4-9.