

Innovación y Ciencia

VOLUMEN X, No. 1, 2002

Los derrames de petróleo

**Cambio
climático
global**

**La muerte
de las estrellas**

TARIFA POSTAL REDUCIDA 769. Precio: \$5.400.00



ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA
A.C.A.C.



CONTENIDO

Volumen X, No. 1 - 2002

VISTAZOS

26



Células madre embrionarias: pluripotentes.
El riesgo "gordo" de la obesidad.
Avances en investigaciones sobre la malaria.
Primer genoma de plantas. Descifran los mecanismos utilizados por los genes.
La anorexia parece predispuesta por altos niveles de ansiedad materna.
Una enfermedad traída por el hombre pudo haber extinguido a los mamuts americanos
Descubrimiento o coincidencia.

ARTÍCULOS

32

LA MUERTE DE LAS ESTRELLAS

Juan Guillermo Díaz Ochoa

Se presenta un panorama general sobre estrellas compactas (es decir, estrellas que reúnen una gran masa en un pequeño volumen) que se halla en un ciclo de decaimiento. En particular explica cómo es la materia que compone estas estrellas, luego se expone la conexión que existe entre estos objetos y la teoría de la relatividad general y finalmente se presentan las tendencias actuales de investigación.



38

LISTERIA. SORPRENDENTE INTERACCIÓN ENTRE UNA BACTERIA Y LAS CÉLULAS DE NUESTRO CUERPO

Adriana Renzoni

Listeria monocytogenes es el nombre de la bacteria responsable de recientes epidemias en países industrializados. Este microorganismo mortal ataca a las mujeres embarazadas, a los recién nacidos, a los sujetos inmunosuprimidos y a personas de la tercera edad. La sorprendente interacción entre ella y las células humanas permite que la bacteria entre y se establezca en nuestro cuerpo.



44

LOS DERRAMES DE PETRÓLEO EN ECOSISTEMAS TROPICALES, UN ATENTADO CONTRA EL FUTURO

Darío Miranda R. y Ricardo Restrepo M.

Los derrames de petróleo son una amenaza latente contra los diversos ecosistemas tropicales. En este artículo se presentan los efectos de los atentados a los oleoductos sobre los ecosistemas naturales tanto en su aspecto físico como biológico, y se muestran alternativas para su limpieza y recuperación.



52

COMPUTACIÓN, PSICOLOGÍA Y EDUCACIÓN

José I. Navarro Guzmán

Las ciencias cognitivas tratan de abordar el conocimiento humano desde distintos puntos de vista. La Psicología y las ciencias de la computación han encontrado en la Inteligencia Artificial un campo de análisis del razonamiento humano. Los cambios producidos por la informática están modificando los sistemas de aprendizaje. Desde esta perspectiva, el autor analiza la importancia de la informática en el sistema educativo.



LIBROS

60

NOVEDADES EDITORIALES

José I. Navarro Guzmán

Catedrático, Psicología.

Director, Departamento de Psicología

Universidad de Cádiz, Campus Río San Pedro,

Puerto Real-Cádiz, España

e-mail:jose.navarro@uca.es

Probablemente la mente humana no está convenientemente adaptada para comprender en toda su extensión el concepto matemático de "crecimiento exponencial". Un ejemplo que les gusta usar a los matemáticos para ilustrar este concepto es la resolución del siguiente problema hipotético: si doblamos una hoja de papel por la mitad, su grosor será de apenas 0,5 milímetros de espesor. Pero ¿cuánto será el espesor de esa hoja si la doblamos 50 veces? La respuesta parece increíble: 114 millones de km de espesor. Es la distancia que nos separa de la Tierra al planeta Marte. Esto es el crecimiento exponencial. Justamente es este tipo de crecimiento lo que hemos venido observando en la informática en los últimos 40 años. En efecto, si comparamos cómo han crecido las aplicaciones que nos ofrecen los computadores del año 2000 respecto a las que ofrecía el ordenador ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer), desarrollado en Philadelphia (Estados Unidos) en los años de la guerra fría, tendremos un buen ejemplo. La capacidad de memoria se ha multiplicado por varios millones, y el espacio que ocupan se ha reducido unas treinta mil veces.

Crecimiento exponencial de la industria informática

Lo cierto es que cada cuatro años disponemos de computadoras

que son más rápidas, más pequeñas, más baratas y realizan más funciones que sus homólogas de sólo un lustro anterior. Se dice que la velocidad de procesamiento de un computador sigue la Ley de BBBB; esto es, su capacidad y velocidad de procesamiento se duplican cada 18 meses. Si la industria del automóvil se hubiera desarrollado al mismo ritmo que lo ha hecho la microelectrónica en la segunda mitad del siglo XX, hoy

podríamos conducir un Mercedes que corriese a la velocidad de la luz, con un precio de venta al público de 3000 dólares; o bien, podríamos conducir un auto más lento, capaz de correr a 150 km/h., pero cuyo precio sería de un centavo.

Cambios tecnológicos y sociedad

Semejantes cambios no pueden pasar inadvertidos. Sus efectos están teniendo un impacto en la sociedad de muy diversas maneras. Económicamente, no dejan de impactar sobre el sistema. La empresa Intel, fabricante de los procesadores Pentium, duplica su valor cada cuatro años. El portal de internet más visitado del mundo, Yahoo, creado hace cinco años por dos estudiantes de la Universidad de Standford (Jerry Yang y David Filo), tiene una capitaliza-

ción en bolsa de mil millones de dólares. El propio Jerry Yang, que contaba el año de la fundación de su empresa 26 años, dice: "*asombrosamente, hace cinco años ofrecíamos un servicio muy simple: un conjunto de direcciones favoritas para diversión de los compañeros de clase*". Hasta su nombre parece una broma: Yahoo! (Just Another Herarchical Officious Oracle)... pero no lo es. Hoy Yahoo es la marca más famosa de internet, está entre las empresas con más peso en el Nasdaq de la bolsa de New York (comenzó cotizando a 13 dólares la acción y ha habido épo-

Cada cuatro años disponemos de computadoras que son más rápidas, más pequeñas, más baratas y realizan más funciones que sus homólogas de sólo un lustro anterior.

cas en que se ha puesto a 400 dólares), crece a un ritmo de un cinco por ciento anual y da trabajo a 2000 empleados.

El golpe de efecto más sorprendente que se ha dado en los últimos años con relación a la industria informática fue el lanzamiento comercial del Windows 95, el sistema operativo por excelencia de la empresa estadounidense Microsoft, radicada en Seattle. En aquella época, el autor se encontraba trabajando en el Departamento de Educación de Ohio State University como profesor visitante, y pudo seguir de cerca el proceso. Como a veces nos ocurre con las cosas de la informática, parece que ha pasado un siglo, pero sólo han sido cinco años, y ya pertenece a la *Historia Antigua* de la Informática. La puesta en escena de la promoción estaba dirigida a conseguir vender cien millones de

sistemas operativos. En aquella época se calculaba que había disponibles unos cien millones de computadoras personales en el mundo. Ni qué decir que en poco más de un año el objetivo fue cumplido con creces. Bill Gates hizo una inversión de 150 millones de dólares en la promoción, y consiguió dos hitos importantes en ésta: Que los Rolling Stones le vendieran los derechos de autor de su canción *Start me up* (15 millones de dólares, ganaron los chicos de Mick Jager), y comprar la edición completa de la revista *Time*, donde aparecía la publicidad del sistema operativo, que distribuyó gratuitamente. Además, aprovechando el movimiento giratorio de rotación de la Tierra, el propietario de la compañía, Mr. Bill Gates, inició la promoción en Australia y continuó por los países con dirección occidental, aprovechando el "nacimiento" del Sol. Para más efecto, a todos los niños australianos nacidos ese día les regaló un ejemplar del sistema operativo Windows 95. Ni siquiera Coca-Cola o McDonald's, habían hecho una promoción tan espectacular y llena de simbología.

Inteligencia artificial y préstamos bancarios

Si uno quiere pedir un préstamo al banco para comprarse una casa, la decisión que toma el banquero tiene dos partes: la primera es puramente algorítmica. Existe un algoritmo conocido que hace ya muchos años fue programado en BASIC, y que le permite al banquero decirnos cuántos son los intereses del préstamo, cuántos los años de amortización y cuánto tendremos que pagar cada mes para devolverle su dinero. Ésta es la parte sencilla de la operación. El

conocimiento es algorítmico cuando los datos de salida son resultado de la aplicación de una fórmula o algoritmo conocido a partir de unos datos de entrada también conocidos. Pero hacer un préstamo implica un riesgo, una incertidumbre, un conocimiento que no es algorítmico, sino impreciso (la evolución futura del precio del dinero, la disponibilidad de efectivo del cliente en un futuro, su salud, ¿quizás es un timador? etc.). Implica la utilización de una cierta "lógica difusa", porque nada nos garantiza que el dinero será devuelto en su totalidad. Y, sin embargo, los bancos suelen tener enormes beneficios a partir de los préstamos que hacen a sus clientes. Esta segunda parte de la operación de toma de decisiones que hace el banquero no se puede programar con BASIC o con cualquier otro lenguaje de programación algorítmico, porque el algoritmo es desconocido o inexistente.

Existen dos clases de informática: la informática tradicional o algorítmica: aquella que el usuario utiliza todos los días, la de los procesadores de textos, las bases de datos, los programas de control de existencias, etc. Y una informática basada más en sistemas de

computación no algorítmicos, que trata de emular el sistema de funcionamiento de la mente humana, que no está basada en mecanismos exhaustivos de funcionamiento sino que toma sus decisiones sobre la base de una cierta lógica difusa que ha dado lugar a la llamada *inteligencia artificial*.

El psicólogo de la Universidad de Harvard Howard Gardner en 1988 estableció el llamado *hexágono cognitivo*, que resumía las diferentes disciplinas científicas que componían el estudio de la compleja maquinaria mental del hombre. Entre las diferentes disciplinas destacaban cuatro por su peso en la investigación actual: la Psicología, por cuanto nos permite conocer los procesos de funcionamiento de nuestra mente; la Neurociencia, como conocimiento del soporte fisiológico de la mente humana; la Lingüística, dado que nuestra mente tiene en el lenguaje un signo de diferenciación específica original; y la Inteligencia Artificial (IA), que ha sido la forma de emular los sistemas de computación de la mente humana.

Una partida de ajedrez

Hablar de *inteligencia artificial* es algo que suele levantar

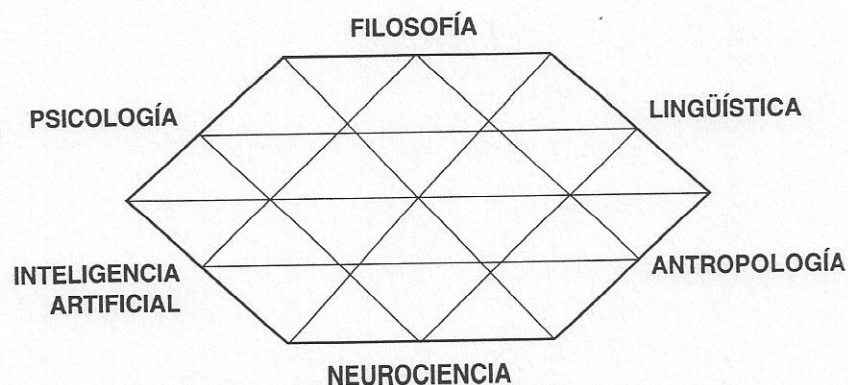


Figura 1. Hexágono cognitivo de H. Gardner.

ampollas. Entre otras cosas porque el término *inteligencia* ya es de por sí confuso para los psicólogos, como el propio H. Gardner y R. Sternberg se han encargado de recordarnos en múltiples publicaciones. Pero se han dado algunos avances curiosos en Inteligencia Artificial en los últimos años. En 1997, se produjo en New York un acontecimiento que estaba relacionado con el deporte, el mercadeo y la investigación cognitiva. Se trataba de la competición entre el campeón mundial de ajedrez G. Kasparov y el computador *Deep Blue*, un dispositivo creado por los

ingenieros y neurocientíficos de IBM. Los aficionados a la prensa deportiva pudieron seguir las partidas desarrolladas entre el hombre y la máquina, que concluyeron con la victoria de ésta, nunca ocurrida en los enfrentamientos anteriores. Lo interesante de aquel acontecimiento, desde un punto de vista psicológico, fue que la emulación del funcionamiento de la mente del ajedrecista hizo posible que el computador utilizará también sistemas de selección de movimientos no exhaustivos. Probablemente un cerebro como el de Kasparov es capaz de anticipar de 60 a 100 posibles movimientos de piezas, pero sólo 10 ó 12 serán realmente útiles para la partida. Y esto es lo que hace un gran maestro como Kasparov. No necesita tener una portentosa memoria como la de *Deep Blue*, porque el cerebro humano, dado que tiene problemas de limitación de su almacén de datos (la memoria humana es de *naturaleza porosa*, decía Jorge Luis Borges), emplea estrategias cognitivamente más económicas que la memoria, menos exhaustivas, más eficaces, aunque

con más riesgo de error. Precisamente el tipo de informática que ha dado lugar a la Inteligencia Artificial fue capaz de aproximar el funcionamiento de *Deep Blue* al sistema de toma de decisiones de Kasparov, a lo que se añadió un conocimiento exhaustivo de todas las partidas de ajedrez documentadas en el siglo XX. Es lo que llamamos el uso de un *sistema*

La Inteligencia Artificial ha sido la forma de emular los sistemas de computación de la mente humana.

experto, que es la emulación de computación del sistema de resolución de problemas que desarrolla un experto ante una tarea determinada. El uso de sistemas expertos hoy día es muy frecuente en la industria aeronáutica, la automotriz o la energética. También en Medicina y Psicología se han utilizado sistemas expertos para el diagnóstico diferencial de enfermedades.⁶

Estos ejemplos son interesantes para los neurocientíficos porque plantean la posibilidad de poner en el plano de la discusión científica (y no de la simple especulación) las posibilidades que realmente tienen los computadores del futuro de realizar tareas cada vez más próximas al razonamiento humano. Pero ya es una tecnología disponible, por ejemplo en el campo de la industria nuclear, donde un sistema experto es capaz de detectar averías de difícil localización, o de los negocios bancarios, que establecen sus sistemas de evolución de los valores bursátiles. También en el mundo de la educación cada vez es más frecuente convivir con estos sistemas. Hoy

disponemos de sistemas de simulación de operaciones quirúrgicas, que se están empleando en la formación de cirujanos mediante realidad virtual. O procedimientos multimedia para entrenamiento de pilotos de aeronaves.

Obviamente, no tendremos que recordar aquí que las limitaciones de emulación del funcionamiento de la mente humana son enormes, entre otras cosas porque no tenemos un conocimiento completo de cómo funciona en realidad. Y que resultará muy difícil que los ingenieros que crearon *Deep Blue* sean capaces de resolver el problema de la creatividad de la mente humana. De alguna manera, como decía el psicólogo A. Gessel, la mente humana se parece a uno de los mapas del siglo X que aparecen en los libros de Geografía. En él había grandes verdades comprobadas y grandes imprecisiones que la investigación empírica ha demostrado que eran incorrectas.

Multimedia

Los conocimientos adquiridos por la informática algorítmica y no algorítmica, aplicada a muy diversas áreas, nos han situado en los últimos cinco años en un campo que está invadiendo muchos de los aspectos de nuestra vida. Lo que N. Negroponte, director del laboratorio multimedia del Instituto Tecnológico de Massachusetts, llama *mundo de bits* es la informatización de aspectos insospechados de nuestra vida cotidiana. Él lo define como el futuro digital que ya ha llegado, y hace referencia a un poeta griego del siglo V a.C. para ilustrar el poder de la iconografía. Simonnides de Ceos era famoso por poseer una portentosa memoria. Durante un banquete, el techo de la sala se derrumbó

sobre los comensales y produjo una mortandad entre ellos. Afortunadamente, él se pudo salvar porque había salido de la sala minutos antes de derrumbarse. Simonnides pudo identificar los cadáveres por el lugar donde cada uno estaba sentado. El método que utilizaba para recordarlo era la asociación de áreas específicas de una imagen espacial de la mente con objetos materiales.⁵ Esta estrategia se viene utilizando hoy día para mejorar la capacidad de recuerdo de personas que padecen de amnesia. Lo que es visual nos llama tanto la atención que incluso para un miope la comida sabe mejor cuando lleva sus gafas puestas.

Esta predominancia de la imagen ha llevado a desarrollar un amplio campo de estrategias basadas en el impacto de lo icónico. Los expertos en publicidad ya sabían esto desde hace muchos años, y hoy estamos en un momento donde se pueden presentar conjuntamente la información por diferentes canales sensoriales. Esto es la multimedia. El valor añadido que puede tener un procedimiento pluridimensional como la multimedia es que nos

permite una *descentralización* mental. La mente humana generalmente tiende a ser muy centralizada. Michel Resnick lo describe bien en su libro *Tortugas, termitas y atascos de circulación*. Tenemos el condicionamiento de atribuir siempre una jerarquía de control central de un fenómeno complejo. En una época del año, en los cielos del campo de Gibraltar (muy cerca de Cádiz, donde vive el autor) se ven bandas de grullas migratorias que vuelan hacia el Sur formando una enorme V en el aire. Nuestra tendencia es pensar que el pájaro que va en el vértice es el jefe y dirige a los demás miembros de la banda. Pues no es así, dice Resnick. La formación en V es la resultante de un conjunto de comportamientos individuales que siguen sencillas reglas armónicas sin necesidad de liderazgo.

El lector puede hacer un sencillo experimento que el propio Resnick expone en sus conferencias. Pida a un auditorio de 1000 personas que aplaudan al unísono. Sin necesidad de nin-

guna dirección nuestra, las 1000 personas terminarán batiendo palmas siguiendo un solo ritmo. La coherencia puede aparecer a partir de elementos independientes, y quizás la inteligencia no se encuentra en ningún procesador central, sino en el comportamiento colectivo de un conjunto de procesadores específicos e interconectados.

Educación y nuevas tecnologías

B. F. Skinner, padre del conductismo norteamericano y autor de numerosos trabajos científicos sobre aprendizaje, fue invitado un día por la dirección del colegio de su hija a pasar una jornada en el centro, conviviendo con niños y profesores. Un tiempo después escribió un libro titulado *Tecnología*

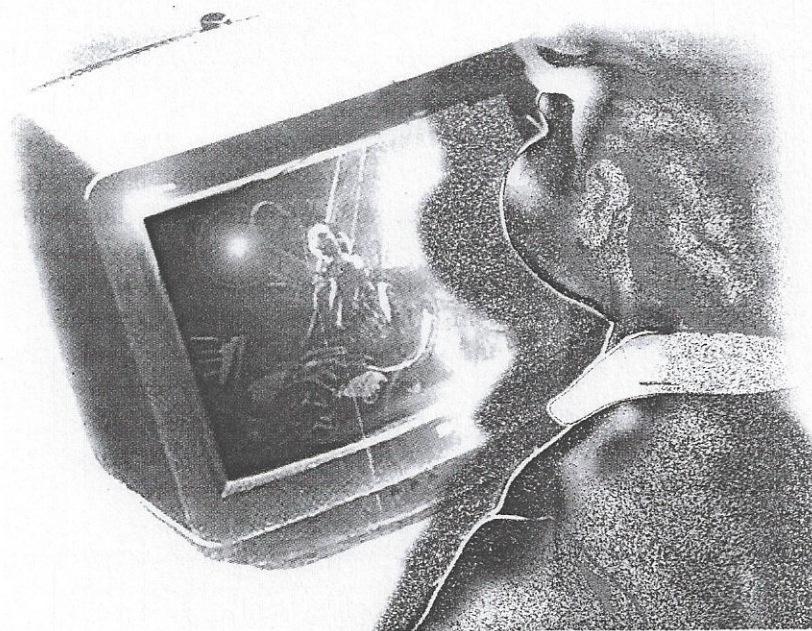
Un software interactivo

"saca al cerebro del niño del punto muerto" en que lo sitúan los programas de televisión.

de la enseñanza en el que decía que tras sentarse un buen rato en el aula donde su hija recibía clases, comprobó cómo sistemáticamente se estaban incumpliendo todas y cada una de las leyes del aprendizaje que él había descubierto tras muchos años de investigación. Poco de lo que allí se estaba haciendo tenía que ver con una perspectiva científica de lo que el aprendizaje exigía.

Aristóteles, el filósofo griego que fue tutor de Alejandro Magno y que vivió durante el siglo III a.C. era, además, un experto cirujano. Una de sus ocupaciones fue enseñar prácticas de cirugía de combate al propio Alejandro, dado que

INNOVACIÓN Y CIENCIA



por aquel entonces también era muy frecuente que la humanidad estuviese involucrada en guerras que originaban muchos heridos, que necesitaban de cirujanos de urgencia. Si Aristóteles se trasladase a un quirófano de un hospital moderno, probablemente no reconocería nada de lo que en él se encuentra ahora, comparado con el escaso instrumental que él utilizaba en sus enseñanzas. Sin embargo, si pusiésemos esa misma máquina del tiempo a funcionar y lo trasladásemos a una escuela actual, podría sin duda continuar dando sus enseñanzas como si no hubiesen transcurrido 2300 años.

Aunque estos ejemplos son extremos, reflejan una situación real. Los avances no llegan por igual a todos los ámbitos sociales. El sistema educativo es poco amante de cambios. Como los elefantes, su funcionamiento exige movimientos lentos. Cualquier nuevo procedimiento requiere una cadencia de tiempo muy dilatada, incluso en los países más desarrollados. Una de las recientes encuestas realizadas entre profesores de primaria en los Estados Unidos, señalaba que el ochenta y cuatro por ciento de los maestros sólo consideraba como tecnología educativa indispensable el disponer de una fotocopiadora con suficiente papel. A pesar de que estos datos contrastan con la tecnología educativa disponible, las estadísticas oficiales señalan que en el noventa y cinco por ciento de los centros educativos en Estados Unidos disponen de computadores. Esas mismas estadísticas nos indican que una mayoría de los hogares también disfrutan de al menos un computador personal con lector de CD-rom. Esta información es convergente con los datos disponibles en la mayoría de los países europeos más desarrollados.

Sin embargo, disponer de computadores en los centros educativos no convierte estos dispositivos electrónicos en útiles por sí mismos. El grupo de investigación sobre Aprendizaje Asistido por Ordenador, del Departamento de Psicología de la Universidad de Cádiz (España) realizó hace unos años un sondeo sobre la disponibilidad de equipos informáticos en nuestro distrito escolar. La situación no era tan optimista como en Estados Unidos, pero una buena parte de los centros escolares disponían de algún equipo informático, situación que en los últimos años ha mejorado cuantitativamente. Otra cosa es el uso que de esos equipos se hace por parte del profesorado. Y parece que la actitud de estos profesionales hacia la informática educativa es esencial.

Existen tres requisitos imprescindibles para garantizar que las nuevas tecnologías tengan impacto en el sistema educativo. (1) La actitud y formación del profesorado; (2) la disponibilidad de *software* de calidad; y (3) la periódica actualización de los equipos y su mantenimiento.

(1) La actitud y formación del profesorado

La informática desencadena tres clases de actitudes entre los docentes. O bien una atracción exagerada, que sitúa en las nuevas tecnologías unas expectativas muy por encima de su valor real. Esto es todavía más exagerado cuando de las posibilidades de internet se trata. Hay docentes que sustituirían su contacto con los alumnos por clases "on line". Naturalmente que internet dispone de un potencial enorme. La información de los más variados contenidos y utilidades está disponible desde una terminal informática, pero el conocimiento que esa información

implica un esfuerzo que no es automático. Frente a esta actitud que relega la función del profesor a la de un experto informático, nos encontramos la opuesta, en la que siente la implantación de las nuevas tecnologías como una amenaza para su tarea profesional y rechaza de muy diversas maneras la introducción de estos dispositivos en sus sistemas de enseñanza. Finalmente, diríamos que existe una extendida tendencia entre los profesores a admitir las nuevas tecnologías de la educación como una herramienta útil, con un potencial de uso que se acrecienta con la mejora de los avances tecnológicos y que terminará formando parte del mobiliario escolar. A la implantación de esta opinión ha contribuido la aparición de la enseñanza vía internet y el abaratamiento de los costos de los equipos. Esta actitud es favorable a una formación cualificada en el uso de la informática como sistema de distribución del conocimiento, sin despreciar el imprescindible contacto profesor-alumno. Es una tendencia cada vez más extendida en todos los niveles educativos y que resulta imprescindible en una sociedad del conocimiento como la nuestra.

(2) La disponibilidad de *software* de calidad

La disponibilidad de *software* de calidad es un requisito de máxima importancia. La informática educativa no debería ser la prolongación de la *Play Station* al aula (por muy entretenida que sea aquella). Un uso educativo del *software* exige un considerable control de calidad del mismo. El *software* repetitivo, que lleva a la pantalla contenidos prácticamente idénticos a los de los libros de texto debiera abandonarse, al menos como instrumento de difusión del conocimiento. Desde un punto de vista del desarrollo

psicológico, no cabe duda de que la lectura tradicional tiene un valor tremendo en la formación de las estructuras del conocimiento y razonamiento abstracto del niño. Por contraste, la visualización pasiva de un texto o una imagen en la pantalla del computador hace que el cerebro quede como en un *punto muerto*, donde la pasividad hace que nada se aprenda. En estos momentos, la disponibilidad de *software* educativo en el mercado es enorme. Y entre tanta cantidad, deben existir también programas de calidad. Nuestro grupo de investigación ha dedicado casi una década al diseño de *software* educativo.^{1,3,4} Y han sido muchos los programas que hemos podido probar. Creemos que hay una regla que puede seguirse para valorar la calidad educativa de un programa informático: la interactividad operador-máquina. Diríamos que a mayor interactividad, el potencial de aprendizaje del *software* es mayor. Un *software* interactivo "saca al cerebro del niño del *punto muerto*" en que lo sitúan los programas de televisión. Hubo un tiempo ya pasado en que algunos creían que era posible aprender un idioma extranjero sin esfuerzo. Bastaba con acostarse con un casete y así nuestro inconsciente iría haciendo el trabajo duro mientras dormíamos. La realidad es tozuda y contundente: no existe el aprendizaje pasivo y sin esfuerzo. Una de las tendencias que deben ser corregidas en los programas educativos informatizados es la tendencia a homogeneizar el contenido. Existe el peligro de que no se cuente con la riqueza potencial del usuario de este tipo de programas. Su contraparte estará en la versatilidad del diseño y en la interactividad de su estructura.

(3) La periódica actualización de los equipos y su mantenimiento

El costo de una computadora es todavía muy alto, teniendo en cuenta el mercado que tiene, la materia prima de la que está hecha, los beneficios que proporciona y lo pronto que se queda obsoleta. Por ello, cuando un centro educativo accede al uso de las nuevas tecnologías, el consejo es que mantenga las computadoras el mayor tiempo posible en uso. Es la única manera de amortizar la inversión.

El trabajo docente de un profesor exige tiempo de planificación, y la improvisación no es lo más apropiado. Entre tanto, las computadoras son máquinas que requieren un mínimo de aprendizaje de uso, a pesar de que cada vez los fabricantes tratan de facilitarles las cosas al usuario. En ocasiones parece que los diseñadores trataran de hacerle la vida imposible al usuario no experto, y los manuales de ayuda del *software* parecen hechos por y para ingenieros. Si el teléfono fuese tan complejo de usar como una computadora, su uso no se habría generalizado. Por ello, creemos que la generalización de la informática educativa exige que su uso sea diáfano para un usuario no experto, pero debe tener una formación adecuada. Además de sencillez de uso, hay un componente de intención que también resulta necesario prever. Nos referimos al mantenimiento y actualización de los equipos. Una inversión en tecnología educativa debería considerar un diez por ciento de la misma en tareas de mantenimiento y al menos otro diez por ciento anual en fondos para actualizar los mismos. La razón del mantenimiento es que si a la complejidad del uso le añadimos su deterioro, el profesor tendrá mayor resistencia

a adoptarlo en su metodología de enseñanza. La razón de la inversión en actualización está relacionada con la naturaleza de la propia industria informática, el rápido crecimiento de sus prestaciones y el progresivo abaratamiento de los costos.

Estos tres requisitos podrán hacer más fácil la penetración de la informática en el sistema educativo. No obstante, el conocimiento no es algo que se asocie automáticamente con la computadora, a pesar de que algunos sigan utilizando la expresión "cerebro electrónico" para referirse a ella. A este respecto, recordemos la anécdota del filósofo español José A. Marina relativa al aprendizaje vía Internet: parece que un patricio romano quería llegar a ser un hombre muy sabio en su ciudad, y ordenó a cada uno de sus esclavos que se aprendiese un libro de memoria. De esa manera, alimentaba la ilusión de haber llegado a ser un sabio de Roma. Pero no era más que una ilusión.

Lecturas recomendadas

1. **Alcalde, C.; Navarro, J.I.; Marchena, E.; Ruiz, G.:** Acquisition of basic concepts by children with intellectual disabilities using a computer assisted learning approach. *Psychological Report* 82, 1051-1056. 1998.
2. **Navarro, J.I.:** Aprendizaje y memoria humana. Madrid: McGraw Hill; 1993.
3. **Navarro, J.I.; Alcalde, C.; Marchena, E.; Ruiz, G.:** Jugar con... formas, colores y posiciones corporales. *Software educativo*. Cádiz. Departamento de Psicología de la Universidad de Cádiz; 1994.
4. **Navarro, J.I.; Ruiz, G.; Alcalde, C.; Marchena, E.:** Cómo mejorar tus habilidades mentales. *Software educativo*. Cádiz. Departamento de Psicología de la Universidad de Cádiz; 1997.
5. **Negroponte, N.:** El mundo digital. Un futuro que ya ha llegado. Barcelona: Ediciones B; 1999.
6. **Zaccagnini, J.L. y Adárraga, P.:** Psicología e Inteligencia Artificial. Madrid: Trotta; 1994. □