

Sistema de aprendizaje adaptativo para la educación médica

Javier Rodríguez Suárez,¹ Germán Fajardo Dolci,² Mauro Eduardo Ramírez Solís³

RESUMEN

El sistema de aprendizaje adaptativo constituye un modelo innovador diseñado para responder a diferentes necesidades académicas de los estudiantes en las clases convencionales. Es útil como una alternativa para la innovación educativa en las facultades de medicina que se esmeran para resolver las necesidades específicas de los alumnos, quienes tienen diferentes habilidades y experiencias pedagógicas. Implícito en el diseño se encuentra el hecho de que ellos aprenden en forma diversa y con ritmo diferente y requieren apoyos educativos particulares. El sistema se ajusta y se conforma de acuerdo a esas diferencias a través de la evaluación e instrucción adaptativas, adoptando diferentes formas de enseñanza que se ajustan a las necesidades y características de aprendizaje de cada estudiante, utilizándose intervenciones específicas tendientes a incrementar su habilidad para obtener el mayor beneficio de dicho sistema.

Palabras clave: Aprendizaje adaptativo, tutoriales inteligentes, evaluación adaptativa, multimedia.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas adaptativos de aprendizaje se refieren a los servicios automatizados que se generan para el estudiante en función de sus conocimientos y de su progreso. En ellos destacan dos componentes funda-

ABSTRACT

The Adaptive Learning System is an innovative educational model designed to meet diverse academic needs of students in regular classes. This model serves as an alternative approach to educational innovation for medical schools striving to be responsive to the learning needs of individual students with varying abilities and educational experiences. Underlying the model's design is the premise that students learn in different ways and at varying rates and require different kinds of instructional support. The Adaptive Learning System accommodates and builds upon these differences through adaptive instruction and evaluation in which a variety of instructional methods are adopted and tailored to the needs and the learning characteristics of individual students, and specific interventions are used to increase each Student's ability to benefit from the learning system.

Key words: Adaptive learning system, intelligent tutorials, adaptive evaluation, multimedia.

mentales, que son la evaluación y los tutoriales inteligentes, ambos de naturaleza adaptativa. En los últimos años su uso ha sido más intenso, desarrollándose aplicaciones cada vez más complejas y de mayor campo de acción gracias a los avances de la informática que permiten que mayor número de académicos y médicos se interesen en esta labor.¹⁻⁴

La evaluación se utiliza para certificar los conocimientos de los alumnos y para proporcionar aprendizaje. En el primer caso el alumno es sometido a preguntas que se ajustan en su nivel de complejidad dependiendo de sus respuestas y al final se proporciona una calificación; el número de preguntas administrado es menor si el estudiante responde bien a las preguntas difíciles; en caso contrario la administración se prolonga con un mayor número de ítems. En el segundo caso y con la misma configuración de administración, se incluyen tutoriales en forma de realimen-

¹ Director de Enseñanza.

² Director General.

³ Médico adscrito a la División de Cirugía General y Coordinador del Laboratorio de Innovación e Investigación en Educación Médica.

Hospital General "Dr. Manuel Gea González". Secretaría de Salud.

Correspondencia:

Dr. Javier Rodríguez Suárez.

Dirección de Enseñanza. Hospital General "Dr. Manuel Gea González". Secretaría de Salud. Calzada de Tlalpan 4800, Col. Toriello Guerra, México, D. F. 14000.

tación después de cada respuesta, de tal forma que de manera ramificada se tiene acceso a diferentes contenidos relacionados con el tema que tienden a asegurar que el alumno domina los conocimientos.⁵

La comparación en ambos casos se realiza entre la red semántica del alumno con respecto a la que tiene el programa. Lo anterior se refiere a la estructura, profundidad y extensión de los conocimientos del estudiante, contrastados con la estructura cognitiva que se ha diseñado en el sistema. Cuando se proporciona la calificación, el programa deja grabado en el archivo correspondiente qué número de ítems se han respondido y la categoría a la cual pertenecen con respecto a su nivel de dificultad. Cuando se utilizan con fines de enseñanza, los tutoriales inteligentes se van generando conforme se analizan las respuestas de los alumnos y pueden ser tan breves o tan extensos como se desee, además de que pueden contener tópicos completos o fragmentados. De esta manera pueden generar o distribuir automáticamente información o pueden sugerir a los estudiantes la forma como deben revisar un tópico o combinar ambos procedimientos. Así, para el análisis y comprensión de estos sistemas, se exponen sus bases pedagógicas, las características de sus componentes, así como sus ventajas y desventajas.

BASES PEDAGÓGICAS

Los sistemas de enseñanza-aprendizaje que utilizan recursos computacionales han evolucionado desde los primeros intentos en los que se presentaban contenidos y evaluaciones fijos, hasta los actuales en los que se proporciona a los alumnos modelos interactivos adaptativos que propician mejores resultados del aprendizaje. Esto ha sido posible gracias a la introducción de lenguajes de programación más potentes y mejores equipos de cómputo que permiten distribuir contenidos enriquecidos con imágenes y sonidos y al desarrollo de sistemas inteligentes que analizan las respuestas de los usuarios y que responden a su vez de acuerdo a las mismas. En el mismo sentido, esa capacidad permite su aplicación tanto para uso individual en una computadora como para labores educativas colaborativas a través de la red mundial de computadoras (www).

Estos sistemas tienen un alto contenido pedagógico; las teorías de aprendizaje que se encuentran implícitas en estos sistemas son múltiples y se aplican en forma más efectiva que en los sistemas interactivos convencionales ya que son más dinámicos. En este contexto

permiten que el estudiante aprenda haciendo, pero al mismo tiempo le estimula para emplear el aprendizaje por descubrimiento y la aplicación de su propio estilo de aprendizaje enfocado a la solución de diversos problemas, lo cual se trata de hacer también en el sistema tradicional.⁶

A diferencia de los sistemas convencionales no inteligentes que sólo dicen si la solución es correcta o incorrecta, los analizadores inteligentes pueden decir exactamente lo que es correcto o incorrecto de una respuesta y qué conocimiento faltante o incompleto puede ser el responsable del error.⁷ Los sistemas inteligentes proporcionan al estudiante realimentación extensa de su error y actualizan su modelo de aprendizaje en función de la interactividad entre ambos. La meta del apoyo adaptativo en la solución de problemas es proporcionarle ayuda inteligente al estudiante en cada uno de los pasos del proceso. Éste puede ir desde proporcionar un indicador o señal para realizar el siguiente paso hasta la presentación amplia de la explicación de la respuesta requerida. Los sistemas que instrumentan esta tecnología pueden "ver" las acciones de los estudiantes, entenderlas y utilizar ese conocimiento para dar la realimentación necesaria. En otros casos los estudiantes resuelven problemas utilizando como ayuda ejemplos de experiencias previas. En este contexto el programa ayuda a los estudiantes sugiriéndoles los casos más relevantes.

La distribución de los contenidos en los tutoriales inteligentes se basa en gran parte en la presentación de multimedia, que con la presentación de estructuras de conocimiento basadas en texto, imágenes fijas, audio y video, se constituyen como medio importante para cubrir las necesidades de los diferentes estilos de aprendizaje.

COMPONENTES

1. EVALUACIÓN ADAPTATIVA

Ésta tiene dos significados alternativos; el más frecuentemente utilizado es el de pruebas adaptativas. Este término se refiere más bien a una estrategia estadística sofisticada por medio de la cual, pruebas de niveles de dificultad o de dominio de conocimientos, se ajustan constantemente para encontrar el punto que mejor defina el nivel actual de habilidades o conocimientos de un individuo en relación con normas o guías pre establecidas.⁸

Este objetivo de estrategia es la certificación o evaluación para propósitos predictivos y de ubicación y no de enseñanza.⁹ Alternativamente, se puede adaptar el contenido de una prueba para facilitar más el progreso del aprendizaje de un alumno sobre un determinado cuerpo de conocimientos. Esto es, si se logra evaluar lo que un estudiante realmente sabe ya, lo que entiende mal o confunde y lo que ignora, entonces la enseñanza puede ajustarse individualmente, de tal manera que se logre precisamente lo que el individuo necesita. Así, en una forma constante se administra una línea de preguntas con el fin de dar seguimiento al desarrollo de la evaluación, determinando lo que el estudiante sabe de un dominio dado del conocimiento. A través del diagnóstico continuo de las fortalezas y debilidades del conocimiento del estudiante, se puede establecer un plan tutorial adaptado personalmente. Este significado del término de evaluación adaptativa individualiza el proceso educativo más que enfocarse a establecer en dónde se ubica el alumno en relación con otros estudiantes. Este último significado, en donde la prueba define una estrategia con propósitos educativos, describe el proceso incorporado en un diseño de matriz de medios para la distribución de tutoriales interactivos. Esta matriz o estructura de distribución cognitiva, incorpora una máquina de generación automática de contenidos que es capaz de trazar todas las interacciones de un estudiante, en particular con todos los objetos de la matriz de medios. Por otra parte, también tiene la función de crear una imagen en espejo de la red semántica de un estudiante específicamente, como una representación de su propia construcción del conocimiento. Una de las áreas que se beneficia en forma importante de estos sistemas es la educación médica, ya que permiten la aplicación de evaluaciones que van a diagnosticar en forma dinámica el nivel de conocimientos que cada estudiante tiene realmente y aquéllos de los cuales carece, de tal manera que la distribución de contenidos será diferente para cada uno de ellos.¹⁰⁻¹²

2. TUTORIALES INTELIGENTES Y DISTRIBUCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La distribución flexible de contenidos que se ajusta a cada estudiante se basa en dos sistemas fundamentales, que son los tutores inteligentes y los sistemas multimedia. Los primeros utilizan el conocimiento acerca de un dominio cognitivo o disciplina, las

características del alumno y las estrategias de enseñanza para brindar tutoriales y aprendizaje flexible individualizado. La multimedia, también denominada hipermedia, aplica los diferentes modelos de forma de ser de los usuarios para adaptar los contenidos y los vínculos (links) de sus páginas.^{13,14} Esto tiene relación con la gestión automatizada de contenidos, los enlaces que se utilizan para ir a ellos y las bases de datos en donde se organizan y almacenan, todo lo cual constituye una parte importante del sistema.

a. Generación automatizada de contenidos

Para que cualquier diseño instruccional funcione en forma efectiva, necesita incluir algún componente por medio del cual construya modelos de comportamiento de cada estudiante utilizando su potencialidad. Los componentes del programa de computación que logran esto son referidos comúnmente como máquinas de generación de conocimientos. Éstas pueden ser varias, ya que se requiere de una para rastrear las respuestas del alumno, lo que es común en los sistemas espejo y otra para la distribución de los tutoriales, de acuerdo a la red semántica del sistema contra el cual se compara la del alumno. En otras palabras, el sistema desarrolla una estructura y funcionamiento de información contra las que se compara lo que sabe el alumno. En este sentido, todas las preguntas contenidas en el sistema tienen metas educativas definidas, sin importar su nivel, y cada una de ellas es codificada para permitir su relación con por lo menos dos términos relacionados conceptualmente. Esta meta es la de asegurar un grado satisfactorio de asociaciones significativas entre términos conceptualmente relevantes que ayudan a definir una red semántica y permitir la solución de problemas^{15,16}

El tipo de preguntas que proporciona mayor información para el sistema es el de selección múltiple. Sin embargo, no es la concepción común de reactivos de selección múltiple en que el alumno no tiene necesidad de pensar, ya que se configuran en diferente forma y plantean retos específicos que van desde la identificación de elementos hasta la inferencia cognitiva. Pueden presentarse en forma de lista de palabras o frases que constituyen opciones que debe elegir el estudiante como respuesta, de tal manera que se tendría por lo menos alguna evidencia de que el alumno asocia. También pueden presentarse figuras en las que el alumno debe identificar elementos y

patologías, así como poner en práctica el razonamiento clínico y realizar transferencia de conocimiento de acuerdo a casos clínicos y otro tipo de problemas.

b. Enlaces de navegación

Una premisa de la multimedia es la de proporcionar sistemas de navegación sencillos y eficientes. Un aspecto importante es cómo evitar que el estudiante se vea amenazado por el exceso o mala distribución de la información o confundido por indicaciones inapropiadas. De la misma forma se trata de evitar que el alumno se confunda con la información y pierda de vista lo que ha hecho cada vez que entra al programa. Una forma de lograrlo es disponer los enlaces suficientes para una navegación fácil. Este problema no es serio en los programas para uso de computadoras locales, pero de todas maneras se deben observar normas lógicas de navegación.¹⁷

La red semántica se desarrolla a través de la serie de enlaces complementarios que genera cualquier palabra o imagen y así éstas se pueden convertir en el nodo central de toda una red de palabras o imágenes evocadas por ellas que adquieran sentido diferente según sea su estructura.

La distribución de conocimientos tiene dos categorías fundamentales; por una parte, a través de secuencias de alto nivel que determinan el próximo concepto o tópico que se debe enseñar, y por otra, las de bajo nivel o secuencias de acción que determinan la próxima tarea de aprendizaje (presentación de problemas, ejemplos o evaluaciones) dentro de un tema específico.

La distribución de contenidos se ha venido dando convencionalmente de manera organizada dentro de los propios sistemas interactivos, mediante los vínculos (*links*) a diferentes ubicaciones de los mismos. Por el contrario, en los sistemas adaptativos se organizan los contenidos dentro de una base de datos, lo que permite una recuperación y aplicación más lógicas, optimizando la potencialidad de las computadoras. Estas bases pueden contener muchos listados, frases, audio, video, simulaciones, etc. Esto tiene que ver con los llamados "kernel", que son núcleos de información que pueden ser de alto o bajo nivel.

c. Bases de datos

Cuando las unidades de bases de datos son construidas inicialmente enfocándose en el nivel más bajo de deta-

lle, hacen que se generen toda clase de oportunidades para su incorporación selectiva o personalizada de contenidos. Esto es, los fragmentos pequeños de información tienen cabida en múltiples nichos mayores de conocimiento, sin que por ese hecho se inhiba el proceso de integración cognitiva. Cuando los "kernel" en espejo están ausentes, se pueden hacer ensayos integradores a través de enlaces con otros tópicos relevantes.¹⁸ Por ejemplo, la revisión de una base de datos que contiene síntomas puede recuperar información integradora a través de ensayos sobre obstrucción nasal, prurito ocular y otalgia, estableciendo relación entre ellos a través de información común a un padecimiento. Los "kernel" pueden servir para gestionar conocimientos de alto nivel entre categorías de padecimientos o categorías de especialidades. Cuando éstos se encuentran presentes en las bases de datos sirven como integradores de nivel superior con otros de bajo nivel que tratan sobre asuntos más específicos.¹⁹ Cuando los ensayos o estructuras de conocimiento integrador se incluyen en el cuerpo de la base de datos, el sistema crece tanto en amplitud como en profundidad. De esta manera, los resultados que va obteniendo el alumno en la evaluación adaptativa ponen en juego todo el sistema, generando un requerimiento de contenidos específicos para resolver problemas de su aprendizaje.²⁰

Esto puede desempeñar un papel muy importante en el futuro de la enseñanza de la medicina ya que representa entre otras cosas, una posibilidad real para desarrollar modelos integradores de conocimientos básicos y clínicos, lo que todavía constituye un reto importante en la educación médica. También constituye un sistema que favorece el abordaje de problemas complejos, al mismo tiempo que permite al alumno poner en práctica la transferencia de conocimientos a situaciones nuevas.^{21,22}

VENTAJAS

1. Los sistemas de aprendizaje adaptativo aplican en su desarrollo varias teorías de aprendizaje que incluyen las corrientes pedagógicas más modernas y que trascienden positivamente en la construcción cognitiva del estudiante.
2. Permiten la aplicación de evaluaciones que diagnostican en forma dinámica el nivel de conocimientos que cada alumno tiene y aquéllos de los cuales carece, de tal manera que la distribución de contenidos será diferente para cada uno de ellos.

3. Favorecen una mayor atención del estudiante ya que no redundan, aun cuando tienen la capacidad de hacerlo, en los conocimientos que ya tiene, sino que le lleva a niveles superiores si es que ya cuenta con una preparación suficiente, o a niveles básicos si es que carece de ellos.
4. Permiten la aplicación de evaluaciones formativas y sumativas tanto a nivel de pregrado como de posgrado.
5. Tienen amplia vigencia operacional por sus características pedagógicas, ya que pueden ser aplicados en cualquier etapa educativa, todo a través del ajuste que los propios sistemas hacen en función de las respuestas de los usuarios.

DESVENTAJAS

1. La elaboración de estos sistemas es compleja, pero también es cierto que una buena cantidad de programas de computación actuales permiten simplificar en gran medida el proceso, abriendo la posibilidad de que académicos interesados puedan participar activamente en el desarrollo de aplicaciones con estos principios.
2. Las instituciones académicas y aquéllas responsables de brindar apoyo pedagógico específico a los alumnos todavía no consideran el desarrollo de sistemas computacionales como una actividad que tenga relevancia.
3. Debido a lo anterior, la capacitación de los profesores y alumnos no ha recibido todavía la importancia necesaria, razón por la cual no existe una masa crítica suficiente para que el desarrollo de estos sistemas impacte en la educación médica.

CONCLUSIONES

Los sistemas de aprendizaje adaptativos basados en tutoriales inteligentes y multimedia, constituyen herramientas de gran utilidad para la presentación de material educativo interactivo, así como para la realización de evaluaciones ajustables que permiten identificar el nivel de preparación de los alumnos, al tiempo que distribuyen contenidos acordes con sus niveles de conocimientos. Las diferencias fundamentales entre los sistemas tutoriales con multimedia y evaluación convencionales y los adaptativos son radicales. En el caso de los primeros son fijos, presentando contenidos en forma estandarizada y por demanda del usuario sin importar su nivel de

preparación. En el segundo caso se toma como referencia el nivel de conocimientos de cada usuario en particular. Las evaluaciones se ajustan en forma constante a lo que sabe el alumno utilizando sus respuestas para presentarle contenidos de acuerdo a su nivel. Esta distinción es muy relevante ya que los sistemas adaptativos semejan más la realidad de un maestro que identifica las características de cada uno de ellos.

Resulta trascendente la necesidad que tiene el docente de participar en el proceso de desarrollo y divulgación de este tipo de aplicaciones e influir activamente para disminuir los problemas económicos que se generan como consecuencia de la adquisición de programas de cómputo caros de países desarrollados. La complejidad de estos sistemas es importante y su diseño requiere preparación tanto en la disciplina como en aspectos pedagógicos y técnicos informáticos, situación que puede ser solventada bajo el esquema del trabajo colaborativo entre desarrolladores profesionales y profesores interesados en el tema.

REFERENCIAS

1. Sutherland LA, Campbell M, Ornstein K, Wildemuth B, Lobach D. Development of an adaptive multimedia program to collect patient health data. *Am J Prev Med* 2001;21(4):320-24.
2. Miller CS, Lehman JF, Koedinger KR. Goals and learning in microworlds. *Cognitive Science* 1999;23:305-36.
3. Weber G, Möllenbergs A. *ELM-Programming-Environment: A Tutoring System for LISP Beginners*. In: K. F. Wender, F. Schmalhofer and H.-D. Böcker (eds.): 1995.
4. Forker JE, McDonald ME. Methodologic trends in the healthcare professions: computer adaptive and computer simulation testing. *Nurse Educ* 1996;21(4):13-4.
5. National Research Council. *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: National Academy Press, 1999.
6. Rodríguez SJ, Higuera RFJ. De Anda BE. *Aprendizaje Basado en Problemas*. Ed. Médica Panamericana. 2002.
7. Rodríguez SJ, Cabrera RH. Software EpClin en "Epidemiología Clínica. Pruebas Diagnósticas". Ed. Impresora Arte y Cultura. 2001.
8. Davis LL, Pastor DA, Dodd BG, Chiang C, Fitzpatrick SJ. An examination of exposure control and content balancing restrictions on item selection in CATs using the partial credit model. *J Appl Meas* 2003;4(1):24-42.
9. Wang L, Li CS. Polytomous modeling of cognitive errors in computer adaptive testing. *J Appl Meas* 2001;2(4):356-78.
10. Kreiter CD, Ferguson K, Gruppen LD. Evaluating the usefulness of computerized adaptive testing for medical in-course assessment. *Acad Med* 1999;74(10):1125-28.
11. Tonidandel S, Quinones MA, Adams AA. Computer-adaptive testing: the impact of test characteristics on perceived performance and test takers' reactions. *J Appl Psychol* 2002;87(2):320-32.
12. Bergstrom BA. Computerized adaptive testing for the national certification examination. *AANA J* 1996;64(2):119-24.
13. Costaridou L, Panayiotakis G, Pallikarakis N, Proimos B. Radiographic skills learning: procedure simulation using adaptive hypermedia. *Br J Radiol* 1996;69(826):938-45.

14. Barsalou LW. *Perceptual symbol systems*. *Behavioral and Brain Sciences* 1999; 22: 577-660.
15. Pedone R, Hummel JE, Holyoak KJ. The use of diagrams in analogical problem solving. *Memory & Cognition* 2001; 29:214-21.
16. Reed SK, Cooke J, Jazo L. Building complex solutions from simple solutions in the Animation Tutor: Task completion. *Mathematical Thinking & Learning* 2002;4:315-36.
17. Wendt A. Frequently asked questions about computer-adaptive testing. *Comput Inform Nurs* 2003;21(1):46-48.
18. Kohlmeier M, McConathy WJ, Cooksey LK, Zeisel SH. Adapting the contents of computer-based instruction based on knowledge tests maintains effectiveness of nutrition education. *Am J Clin Nutr* 2003;:77(4 Suppl).
19. LaVelle T, Zaglaniczny K, Spitzer LE. Computerized adaptive administration of the self-evaluation examination. *AANA J* 2000;68(3):226-31.
20. Goldstone RL, Sakamoto Y. The transfer of abstract principles governing complex adaptive systems. *Cognit Psychol* 2003;46(4): 414-66.
21. Jacobson M.J. Problem solving about complex systems: Differences between experts and novices. In: Fishman, B.J. and O'Connors-Divelbiss, S.F., Editors, 2000. *Proceedings of the international conference of the learning sciences 2000*, Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ, 2000:14-21.
22. Barnett SM, Ceci SJ. When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. *Journal of Experimental Psychology: General* 2002;128:612-37