

Prototipos automatizados en la educación médica

Javier Rodríguez Suárez,¹ Germán Fajardo Dolci,² Francisco Higuera Ramírez,³ J. Francisco González Martínez⁴

RESUMEN

El diseño de la enseñanza ha logrado éxitos considerables en las últimas dos décadas, pero enfrenta actualmente dificultades relacionadas con su crecimiento y la complejidad de los sistemas de desarrollo automatizado. Basado fundamentalmente en supuestos conductistas, ahora se está ajustando a las formas cognitivas de ver el proceso de aprendizaje. Siendo inicialmente un proceso lineal, ahora incluye nuevas metodologías soportadas por herramientas de diseño computarizado que permiten mayor flexibilidad en el manejo y orden en las actividades de diseño. En el contexto cambiante actual, muchos teóricos y prácticos de la educación no se muestran seguros de "lo que funciona"; por ejemplo, cómo aplicar los sistemas computacionales al diseño de prototipos automatizados de modelos cognitivos. Los objetivos de esta publicación son: 1) Revisar nuevos métodos y herramientas para el desarrollo de prototipos de modelos cognitivos. 2) Analizar algunos modelos prometedores de diseño para la instrucción que incorporan principios cognitivos de aprendizaje. 3) Ofrecer algunos lineamientos para el diseño de programas de cómputo educativo basados en esos principios de aprendizaje.

Palabras clave: Diseño instruccional, proceso de aprendizaje, herramientas de diseño computacional, prototipos automatizados.

INTRODUCCIÓN

El diseño y producción de programas de cómputo para la educación médica están regulados por fundamentos tanto técnicos como académicos.¹ El esfuerzo y costo

ABSTRACT

The field of instructional design has enjoyed considerable success over the last two decades, but is now facing some problems expected along with its growth and the automated development systems complexity. Based largely on behavioral premises, it is adjusting to cognitive ways of viewing the learning process. Originally a primarily linear process, now is embracing new methods through computer design tools that allow greater flexibility in the management and order of design activities. In the present climate of change, many practitioners and theorists are unsure about "what works"; for example, how to apply computer systems to design automated prototypes of cognitive models. Our objectives are: 1) To review new methods and tools for doing cognitive model prototypes. 2) To survey some promising models of training design that incorporate cognitive learning principles. 3) To offer some guidelines for the design of educational programs based on those learning principles.

Key words: Instructional design, learning process, computer design tools, automated prototypes.

para su realización son altos y han dado lugar a diversos planteamientos para reducirlos. Uno de ellos es la producción rápida de prototipos. Tanto éstos como los programas completos tienden a adoptar formas específicas de tratar el conocimiento, esto es, se basan en modelos cognitivos que suponen ventajas sobre la estructuración arbitraria. Sin embargo, es importante señalar que debe darse interacción entre ellos, ya que ninguno por sí solo puede dar satisfacción adecuada a las diferentes necesidades educativas. Aquí se tratan solamente algunos como son: el minimalista, el de iniciación cognitiva, el de casos, el de micromundos y las simulaciones. Los modelos cognitivos pueden conceptuarse como programas computacionales que simulan el desempeño humano de habilidades cogniti-

¹ Director de Enseñanza. Hospital General Dr. Manuel Gea González.

² Director General. Hospital General Dr. Manuel Gea González.

³ Director General. Hospital General de México.

⁴ Director de Enseñanza e Investigación. Hospital General Dr. Manuel Gea González.

Correspondencia:
 Dr. Javier Rodríguez Suárez.
 Calzada de Tlalpan 4800. Col. Toriello Guerra, México, D. F. 14000.
 Tel. 56 65 20 65.

vas y son diseñados para favorecer de manera novedosa el proceso de enseñanza-aprendizaje.² En éstos se incorpora la teoría y la práctica como binomio indisoluble, privilegiando a uno o a otro, según el contexto académico o laboral de su aplicación.³ Los modelos pueden ubicarse esencialmente a nivel del alumno, sobre las estrategias del docente o sobre los contenidos. Así, se han comenzado a crear prototipos automatizados, orientados no solamente como apoyos para los estudiantes, sino también como estrategias para esclarecer parte de lo que sucede en el proceso de construcción del conocimiento. Es importante enfatizar que los prototipos deben contener los elementos fundamentales del programa completo, tanto en lo que corresponde a las especificaciones técnicas como pedagógicas. Es por ello que en este trabajo se tratan diferentes aspectos relacionados con las mismas.

Las premisas convencionales del aprendizaje en que los alumnos adquieren en el aula los conocimientos y las habilidades para desempeñar exitosamente sus labores, han dado paso a una perspectiva diferente, en que se logra dicho aprendizaje a través de problemas y herramientas teórico-prácticas relacionadas con su trabajo, así como otras de apoyo pedagógico en un entorno en que no existe riesgo para los pacientes. De esta manera se han desarrollado ambientes computarizados que semejan situaciones clínicas, quirúrgicas, epidemiológicas, etc., que pueden ayudar de manera relevante al desarrollo de habilidades en los estudiantes. Por otra parte, en la perspectiva tradicional del trabajo, se trata que éste sea realizado en función de la aplicación del conocimiento al desarrollo de tareas y solución de problemas. A diferencia del anterior, en un enfoque actualizado, las labores se desempeñan a través de la aplicación del conocimiento, usando fuentes actualizadas de información, herramientas teórico-prácticas apropiadas, apoyos laborales para el desempeño, así como sistemas de capacitación específicos para contender con los problemas de salud. Los trabajadores en esta concepción, continúan aprendiendo en forma continua a través de asesoría personal y otros mecanismos educativos.

Estos ambientes, académico y de trabajo, pueden ser simulados por sistemas computarizados, permitiendo que situaciones poco frecuentes o difíciles de tratar en forma diaria puedan plantearse como problemas y soluciones automatizadas. Esta modalidad pedagógica constituye más una herramienta educativa complementaria que un sistema que deba confrontarse con las

modalidades convencionales. Sin embargo, debe reconocerse que la versatilidad computacional permite tanto la revisión exhaustiva teórica como la perspectiva de aprendizaje basado en el contexto de la práctica para la enseñanza y evaluación de las competencias clínicas.

SISTEMAS PARA EL DISEÑO DE PROTOTIPOS AUTOMATIZADOS DE EDUCACIÓN MÉDICA

El diseño inicial de prototipos automatizados tiene varias ventajas sobre los enfoques previos en los que un programa se planeaba y se desarrollaba como un proceso cerrado y en el que había poco lugar para las improvisaciones o cambios a veces necesarios. Su elaboración vino a modificar la forma de concebir su realización, ya que un programa pequeño representativo de las características técnicas y académicas deseadas era más fácil y rápido de hacer, proporcionando además una visión muy aproximada de los posibles problemas y limitaciones del programa final. Las computadoras, por otra parte, han reforzado de manera relevante la capacidad de los diseñadores, al acelerar en forma impresionante la elaboración de dichos prototipos, así como de los productos finales. Existen tres formas básicas en que éstas pueden automatizar los procedimientos para el diseño de programas orientados a ese fin:

1. *Manejo de datos.* Bunderson y cols⁴ describen el diseño de medios educativos como un círculo que se inicia con el análisis del desarrollo experto y termina cuando los alumnos pueden mostrar las mismas habilidades. Este proceso se enfoca al diseño de una base de datos que pueda organizarse e interrelacionarse con las necesidades, objetivos, metas educativas y evaluaciones cognitivas.
2. *Asistencia para el desarrollo de tareas.* Las computadoras pueden ayudar en un gran número de actividades, variando desde el procesamiento de palabras hasta la producción de programas multimedia.
3. *Asistencia para la toma de decisiones.* Las computadoras pueden brindar un apoyo importante en muchas decisiones de diseño a través de:
 - Acceso expedito a la información
 - Listas de cotejo

- Plantillas
- Asistencia de sistemas expertos.

Actualmente se están tratando de producir sistemas integrales de desarrollo para acelerar todavía más el diseño de la enseñanza. Muchos de éstos se encuentran en etapas iniciales, pero prometen constituirse en herramientas sofisticadas que se encontrarán disponibles en el futuro y que incluyen el diseño de robots.⁵ En este sentido, los programas automatizados para la educación médica se han hecho realidad, gracias a la aplicación de nuevos métodos ciberneticos basados en la teoría general de sistemas. Éstos apoyan la elaboración ideal de prototipos de modelos cognitivos, permitiendo una retroalimentación constante y supervisando su propia eficacia para optimizar los resultados del aprendizaje. Estos ciclos de autoexamen y correcciones se repiten, tanto durante el proceso de diseño como en la fase de instrumentación y mantenimiento. De esta forma, la estructuración de programas educativos asistidos por computadora puede adaptarse a contenidos diferentes, espacios clínicos diversos, características específicas de los alumnos y variaciones en las estrategias de los docentes. Sin embargo, en la práctica muchos de los métodos tienden a proceder en forma lineal, ya que una vez que se identifican las necesidades y se definen las metas, los diseñadores raramente ven en forma retrospectiva, en virtud de que trabajan motivados por la planeación, diseño y fases de desarrollo en un orden "cerrado". Sin embargo, esto se ha hecho debido al gran costo de regresar hacia fases que ya se han completado. La sensibilidad de los diseñadores hacia las críticas y los costos también han inhibido la aplicación real de los ciclos iterativos de revisión prescritos por la teoría general de sistemas.

Un problema en la planeación y realización de tareas para la elaboración de estos medios, es que éstas se fragmentan y los miembros del grupo de trabajo se apartan unos de otros. En un proyecto grande una persona se puede especializar en análisis de tareas y nunca interactuar con los diseñadores en las diferentes etapas, por lo que se hace todavía más difícil el proceso. Para cierto tipo de contenidos bien definidos dentro de contextos estables de capacitación, este aprendizaje lineal puede funcionar satisfactoriamente. Sin embargo, las limitaciones de esta modalidad se hacen aparentes cuando se trabaja con información no bien definida o cuando el trabajo va dirigido a poblaciones estudiantiles con características pedagógicas

diferentes. Como respuesta a este problema se han desarrollado técnicas que permiten mayor flexibilidad y adaptabilidad en las labores de diseño.

DESARROLLO RÁPIDO DE PROTOTIPOS

Como se mencionaba anteriormente, con el fin de evitar muchos de los problemas propios del desarrollo de un programa extenso, se procede en una etapa temprana de la planeación a la construcción de un modelo a escala que muestra las características clave del producto que se intenta desarrollar, proceso que se denomina creación rápida de prototipo. Éste se explora y prueba en un esfuerzo por administrar mejor los requerimientos de un sistema más grande, procediéndose luego a la depuración y rediseño del final. Este procedimiento se realiza principalmente para probar la interfaz del usuario, para formular un caso modelo o ejercicio de práctica que puede servir como plantilla de trabajo para otros, así como para identificar la utilidad de la estructura de su base de datos y el flujo de información en el mismo. Todo lo anterior confluye en la determinación de su efectividad y apariencia como una estrategia educativa específica.

Los prototipos pueden ser amplios o reducidos en el sentido de que un programa puede replicarse sin incluir algunas funcionalidades, o ser estrecho en el sentido de que se completa un pequeño segmento con todas las funcionalidades, dejando otras partes del mismo sin desarrollo. Esto es especialmente importante para programas sofisticados de multimedia. En estos casos la fase inicial de los prototipos permite identificar la carencia de algunos recursos necesarios o las limitaciones de los mismos sin tener que esperar hasta que se haya avanzado el proceso para cancelarlo por la falta de los mismos. Los programas actuales para desarrollo de aplicaciones permiten la construcción de los modelos como paso previo al desarrollo completo de los programas, al tiempo que facilitan su uso constante hasta identificar sus ventajas y desventajas.

El desarrollo de programas de educación médica que incluyen la teoría y la práctica se fundamenta en concepciones que han servido a los diseñadores durante los últimos 20 años y que consisten esencialmente en: 1. La estructuración de un modelo para administrar el proceso de creación del proceso educativo y 2. Teorías que especifican cómo debe mostrarse la calidad del programa final.^{6,7}

APRENDIZAJE Y DESEMPEÑO CON PROGRAMAS AUTOMATIZADOS

Existe todavía una distinción marcada entre lo que son los sitios académicos y los laborales; la falta de una vinculación efectiva entre ambos ha condicionado algunos problemas relacionados con dificultades en la transferencia de conocimientos, la acumulación de conocimiento inerte y la disociación entre el saber adquirido y aquél necesario para resolver problemas clínicos. Afortunadamente la línea entre el sitio de trabajo y el educativo comienza a borrararse, con lo cual puede verse claramente que el aprendizaje puede lograrse en ambos entornos en una forma integral que beneficia la solución de problemas médicos cotidianos.⁸ Muchos de los principios pedagógicos se relacionan con la adquisición de habilidades en el entorno de trabajo, pero generalmente se limita esta perspectiva al darle más atención al diseño del aprendizaje en sitios previamente establecidos, sea a través de medios tradicionales o asistidos por computadora.⁹ Los programas automatizados para la educación médica están más orientados actualmente a la exposición de lecciones y aplicación de evaluaciones en un entorno de capacitación que a la formación de los estudiantes. Esta limitación es fundamental y es importante reconocerla disminuyendo sus posibles efectos negativos. Las manifestaciones de controversia de la psicología cognitiva en cuanto a crear programas cerrados con escasa flexibilidad, han servido de incentivo para realizarlos con mayor creatividad y más adaptables a los diferentes alumnos.¹⁰

Es conveniente mencionar que las actividades de capacitación están más orientadas a contextos específicos de trabajo que a la educación; las primeras se basan más en la adquisición de habilidades, mientras que la segunda lo hace en el conocimiento. Desafortunadamente esta distinción ha servido como excusa para dar preferencia a la orientación sobre procedimientos basados en la memorización o automatización de habilidades psicomotoras, situación que puede ejemplificarse con el desarrollo de competencias y la forma específica de evaluación de las mismas a través de listas de revisión o cotejo en las que frecuentemente queda fuera la reflexión. En este sentido es necesario aceptar que se requieren tanto el conocimiento como las habilidades específicas para desempeñar diferentes tareas y que no deben excluirse. Otra situación presente es la exclusión del aprendizaje significativo; en este

aspecto es común ver que muchas escuelas de medicina privilegian el aprendizaje de las ciencias básicas, esperando que los estudiantes sean capaces de transferir esos conocimientos a la práctica clínica posterior. La visión cognitiva del proceso de enseñanza-aprendizaje indica que, tanto la adquisición de habilidades como de conocimientos, necesitan de un mejor repertorio de estrategias efectivas para hacer que el material sea más significativo para los estudiantes. Los programas de cómputo pueden reflejar todas estas corrientes de pensamiento, sin embargo, frecuentemente quedan cortos en función de la visión pedagógica restringida con la que se diseñan a pesar de la gran potencialidad que pueden tener.

MODELOS COGNITIVOS APLICADOS AL DESARROLLO DE PROGRAMAS EDUCATIVOS

Aun cuando no se haga conscientemente, el desarrollo de programas educativos tradicionales y los asistidos por computadora incluyen uno o más modelos cognitivos en su estructura, variando según las metas planteadas.¹¹

Estos modelos tienen diferentes funciones, como enseñar habilidades y conocimientos en forma tal que se facilite su transferencia exitosa a los lugares de trabajo. Esto es importante ya que a veces carecemos de estrategias clave o información para hacer uso del conocimiento que ya se adquirió en el aula o en el trabajo. La instrucción a menudo fracasa descuidando enseñar "el cuándo y el dónde" para usar nueva información. Parece que siempre existe algo importante que el docente olvida decir, dándole mayor énfasis a algunos conceptos que no tienen utilidad alguna y que se consideran como inertes. El término "conocimiento inerte" es lo que enseñan típicamente las escuelas y con frecuencia los estudiantes fracasan para utilizarlo en otros contextos como el del trabajo clínico o quirúrgico. Las condiciones y expectativas pueden diferir lo suficiente como para hacer que la transferencia sea difícil. Éste es el llamado problema de transferencia, que se refiere a la dificultad que tenemos para aplicar nuestro conocimiento en condiciones diversas en donde puede ser útil.¹²

MODELO MINIMALISTA

Generalmente existe una tendencia continua para simplificar y controlar la exploración del conocimien-

to, así como para abordar la complejidad del mundo real no importando el campo del conocimiento de que se trate.¹³ Carroll hace referencia a lo anterior en el contexto del aprendizaje asistido por computadora. De esta manera, propone que para que los alumnos aprendan, deben interactuar significativamente con el sistema, pero para hacerlo tienen que aprender primero aspectos fundamentales en una modalidad equilibrada que no simplifique demasiado, pero que al mismo tiempo conserve la capacidad de síntesis adecuada de la información.¹⁴ Para explicar esta paradoja ha realizado una línea de investigación que ha denominado "educación minimalista", mostrando que existen ventajas consistentes sobre los tutoriales prolongados.

Los tres principios fundamentales del enfoque minimalista son:

- Permitir a los estudiantes iniciar inmediatamente con tareas significativas.
- Reducir la cantidad de lectura y otras actividades pasivas.
- Hacer menos traumático el reconocimiento de los errores y más productivo desde el punto de vista pedagógico.

Aspectos adicionales de esta modalidad son: animar a los estudiantes a razonar acerca de lo que están haciendo, diseñar el material de lectura en diferentes secuencias, proporcionar enlaces intensos entre el sistema instruccional y el sistema blanco laboral, utilizar el conocimiento previo del estudiante como una ventaja y explotar apropiadamente el enfoque de solución de problemas.

El abordaje minimalista de la educación es interesante porque nos recuerda qué tan fácil es decir demasiado cuando se trata de ayudar. Dejar lugar para la reflexión y mantenerse al margen de las estrategias espontáneas de aprendizaje del alumno son algunas de las lecciones relevantes para el diseño del aprendizaje con esta modalidad.

MODELO DE INICIACIÓN COGNITIVA

Este modelo se basa en el uso de la tecnología utilizando los principios de la iniciación tradicional de adquisición de conocimiento; busca tomar los mejores aspectos de este planteamiento y aplicarlos a las condiciones de enseñanza actuales. Aquí la tecnología juega un papel relevante para aumentar los beneficios

de la iniciación en tanto que reduce sus desventajas como la variabilidad del profesorado, esto es, permite la homogenización informativa. Este modelo contiene varios principios instruccionales como:

1. *Contenido: Enseñar conocimiento tácito, así como el presentado en documentos didácticos.* Lo que generalmente no se enseña en las aulas se reconoce como *conocimiento tácito* y frecuentemente se presenta en forma de "reglas de heurística o de dedo". Éste se utiliza frecuentemente por los expertos sin estar conscientes de ello. Se encuentra tan integrado a su estilo de trabajo cotidiano, que lo dan por hecho y es la habilidad que tienen que lograr los alumnos a lo largo de su aprendizaje.
2. *Aprendizaje contextualizado: Enseñar el conocimiento y las habilidades en contextos que reflejen la forma en que serán útiles para la vida real.* Basado en el modelo radical de la cognición humana, la iniciación cognitiva ubica el conocimiento en sitios auténticos, ya que ambos son inseparables. Nosotros sabemos cosas a través de experiencias logradas en situaciones concretas, de tal manera que en lugar de luchar en contra del contexto, deben maximizarse sus efectos, proporcionando entornos ricos y significativos dentro de los cuales los estudiantes pueden aplicar sus nuevos conocimientos y habilidades. Estos ambientes reales o simulados por computadora, proporcionarán mayores facilidades para la transición hacia condiciones reales de trabajo.
3. *Modelamiento y explicación: Mostrar cómo se descubre el conocimiento y decir las razones de por qué se hacen las cosas de una manera determinada.* El modelamiento de procesos y la explicación de la relación entre el proceso y los principios subyacentes constituyen una clave del modelo cognitivo de iniciación cognitiva. Las tecnologías educativas tales como el video interactivo y la multimedia pueden facilitar este modelado y explicación de procesos.
4. *Asesoramiento y retroinformación: Observar a los alumnos cuando tratan de completar una tarea y proporcionarles indicaciones y ayuda cuando lo requieran.* Esta atención personalizada que proporciona el tutor es importante para que identifiquen problemas específicos de desempeño y hagan los ajustes que se requieran.¹⁵ De nuevo la tecnología puede ayudar directamente, sea a través de la participación de grupos de aprendizaje cooperativos o mediante grupos de enseñanza tradicional. La clave es la atención personalizada para el desempeño, asociada con indicaciones apropiadas y alentando la retroinformación.

Una indicación para el asesoramiento efectivo es no interferir mucho, de tal manera que no se inhiba el desarrollo espontáneo de habilidades cognitivas que permiten al estudiante detectar y utilizar sus propios errores. En este sentido, los programas de cómputo adaptables son ideales para ajustar de manera automática la retroalimentación, así como los contenidos y grado de dificultad de las evaluaciones.

5. Estructura y disminución del apoyo: *Apoyar a los estudiantes haciendo tareas que ellos no pueden resolver. Reducir el control del proceso de aprendizaje dejándolo gradualmente a ellos.* Esto puede lograrse regulándolo a través de la variación de equipo, tareas o contexto.^{16,17}

Otras guías para lograr esto son:

- Intervenir, si existe peligro para el cuidado de los enfermos.
- Estar conscientes que la asesoría es más importante al inicio de la fase de adquisición del conocimiento que en etapas posteriores.
- Decidir cuándo avanzar, de tal manera que se evite la adquisición de malos hábitos que puedan ser difíciles de quitar posteriormente.

6. Articulación y reflexión: *Hacer que los estudiantes piensen acerca de sus acciones y proporcionen las razones por las cuales las llevan a cabo, haciendo más explícito su conocimiento tácito.* Los estudiantes requieren de oportunidades para analizar su desempeño y el hablar sobre sus propios planes y procesos mentales conforme resuelven problemas, facilita el desarrollo de modelos mentales más apropiados de desempeño experto.

7. Exploración: *Alentar a los estudiantes a intentar diferentes estrategias y observar sus efectos.* Esto da a los alumnos la oportunidad de practicar utilizando su conocimiento existente y ayuda a relacionarlos con problemas que requieren solución. Si los estudiantes adquieren conceptos equivocados, confrontarlos con ejemplos similares para que descubran las desviaciones en sus razonamientos.¹⁸

8. Secuencia: *Proceder en secuencia de lo simple a lo complejo, con diversidad creciente, lo cual quiere decir que se explora el dominio del conocimiento en forma completa.* Enseñar inicialmente el principio que subyace en el conocimiento, afinando posteriormente la aplicación de ese principio al desempeño en contextos específicos. Este principio encierra una paradoja, ya que el individuo no se enfrenta a problemas de la vida real en forma

secuenciada. Éstos aparecen de manera aleatoria con grados diferentes de dificultad y son resueltos de la mejor manera posible de acuerdo a la información que se tiene de ellos. En la educación existirán situaciones en las que sea necesario establecer una secuencia y graduación determinadas y en otras en que los problemas deberán ser ambiguos como sucede en los planteamientos del aprendizaje basado en problemas.

Los programas de cómputo que incorporan los principios de enseñanza secuenciada se ha visto que son exitosos en entornos académicos, particularmente en la enseñanza de habilidades básicas, pero también son útiles aquellos que presentan alternativas de aprendizaje menos estructuradas.

MODELO DE CASOS

Owen¹⁹ propone un modelo de esta naturaleza utilizando material centrado en proporcionar una transición lógica entre la teoría y la práctica. Los casos pueden ser reales o ficticios y permiten a los estudiantes practicar cualquiera de las tareas requeridas en los cursos de educación médica a partir de la evaluación de necesidades específicas. Debido a que se orientan a ese fin, frecuentemente son más eficientes y administrables que la experiencia de campo. A través del método de casos, los estudiantes se exponen a una gran variedad de contextos y pueden estudiarlos desde múltiples perspectivas como lo ha demostrado Schank²⁰ que propone su uso basado en las siguientes observaciones: a). Los expertos toman decisiones en situaciones nuevas comparándolas con casos previos. b). El aprendizaje se realiza sobre la base de lo que se necesita conocer.

El modelo de Schank toma en cuenta: 1. La ubicación de los estudiantes en condiciones que encuentren interesantes. 2. Dar a los alumnos una tarea que sea lo suficientemente compleja como para que la información no se encuentre accesible en forma inmediata. 3. Enseñar a cada estudiante lo que debe saber o que se considera necesario mientras se realiza un trabajo, hasta el punto en que el alumno se interese más en conocer esa información. La instrucción basada en casos continuará siendo una estrategia con influencia educativa, especialmente en la educación profesional y en situaciones específicas de preparación. Actualmente el uso de casos interactivos por computadora ha abierto nuevas perspectivas pedagógicas al permitir que los estu-

diantes modifiquen diferentes variables de un programa y observen los resultados de decisiones distintas.

MODELO DE EDUCACIÓN EN CONTEXTOS FUNCIONALES

Rosenthal²¹ proporciona evidencia acerca de la efectividad de la enseñanza en contextos funcionales, que es una metodología que se inicia con objetos familiares acerca de los cuales los alumnos tienen un conocimiento intuitivo y se mueve progresivamente hacia objetos más complicados pero todavía familiares. Aquí es necesaria la evaluación diagnóstica dirigida con el fin de identificar el nivel de conocimientos que tienen los estudiantes para de ahí partir hacia situaciones más complejas. La dificultad para los sistemas convencionales es que no pueden ajustarse a cada alumno en particular. Es en estos casos en los que los programas adaptables de cómputo son especialmente útiles.

MODELO DE MICROMUNDOS

Un "micromundo" es un entorno, frecuentemente mediado por computadora, en donde el estudiante puede practicar nuevas habilidades y conocimientos. Es una simulación orientada a la práctica y se diseñan a partir de situaciones comunes de práctica. Está acorde con los abordajes tratados previamente en donde:

- La instrucción se hace de lo simple a lo complejo.
- Los conocimientos, habilidades y actitudes se integran a lo largo de las actividades para resolver problemas.
- La enseñanza se sitúa en entornos ricos en estrategias y en información significativa para el alumno.

La complejidad se manipula modificando las diferentes variables de aprendizaje y de evaluación. Este modelo es un precursor del modelo de iniciación cognitiva; ya que incorpora la asesoría con disminución paulatina de la misma, enfatiza la reflexión, la exploración informativa, y alienta al alumno a depurar su conocimiento.

MODELO DE SIMULACIONES

Las simulaciones por computadora proporcionan una oportunidad para que el estudiante actúe en escena-

rios realistas sin los riesgos inherentes al manejo real de los pacientes. Facilitan la exploración y la reflexión, pueden incorporar el modelado en línea, así como la asesoría y explicaciones pertinentes. Además, el nivel de dificultad de las tareas y de las evaluaciones puede adaptarse a cada alumno en particular. Las simulaciones en el campo clínico pueden generarse basándose exclusivamente en la experiencia y conocimientos de los profesores o incluir además información parcial de casos revisados, por el o por otros expertos. Una simulación puede realizarse con una animación simple para exemplificar un proceso o fenómeno o puede constar de una historia clínica que ilustre un problema determinado en el cual el estudiante deba elegir opciones de diagnóstico y de tratamiento, así como interpretar estudios de laboratorio y gabinete. También pueden simularse algunos procedimientos clínicos o quirúrgicos en los que el alumno debe identificar cada uno de los pasos de la secuencia, o establecerla él mismo, lo cual da respuesta a una de las formas de evaluación de competencias como son las listas de cotejo.

TEORÍA DE LA FLEXIBILIDAD COGNITIVA APLICADA AL DESARROLLO DE PROTOTIPOS

La conducta de aprendizaje de los estudiantes en escuelas de medicina se ha evaluado en lo que corresponde al estudio de los materiales de lectura. Debido a las grandes cantidades de información que deben manejar, se han buscado formas de hacerlos más fáciles de recordar, con la elaboración de ideas claves o anclas cognitivas. Desafortunadamente se ha llegado a la simplificación exagerada de la información, confiando en forma constante en una analogía simplista presentada durante las clases, aun cuando los datos hayan sido más complejos. Spiro²² denominó a este fenómeno "sesgo reductivo", esto es, la inclinación para aprender cosas como si fueran simples cuando realmente no lo son.

La teoría de la flexibilidad cognitiva y la representación mental entre otros elementos, proporcionan suficientes elementos para el diseño educativo. Lo anterior evita la sobresimplificación, ya que expone casos de la vida real, así como presentaciones múltiples de los contenidos con el fin de mejorar la transferencia, misma que requiere de la construcción del conocimiento por el alumno y no sólo su memorización. Una

estrategia primaria es el uso de programas de enseñanza basados en lenguaje de hipertexto, que permiten a los estudiantes un control considerable conforme exploran la información.²³

EVALUACIÓN DE LOS PROTOTIPOS Y PROGRAMAS

La evaluación formativa es una forma de realizar la autoevaluación en varias etapas del diseño del aprendizaje y los diseñadores pueden probar los materiales educativos con el fin de mejorar su efectividad. Puede ser practicada en fases, iniciando con la revisión experta, con la aplicación a pequeños grupos, o realizando pruebas con la audiencia blanco bajo las condiciones para las cuales se creó el material. Estas aproximaciones pueden dar lugar a cambios relevantes tanto en el diseño como en el contenido del curso.

Los nuevos métodos y abordajes de la evaluación formativa están basados en asunciones cognitivas del desempeño. Mientras que los modelos de evaluación en el pasado tendían a enfocarse en el éxito que tenían los alumnos al realizar las tareas definidas por criterios, las técnicas cognitivas buscan develar el proceso de pensamiento conforme actúan con el material. Por ejemplo, los protocolos de estudio de Smith y Wedman²⁴ requieren que los estudiantes piensen en voz alta conforme estudian. Sus reportes verbales se convierten en fuentes de datos para hacer inferencias acerca de su proceso de pensamiento, lo que en su momento proporcionará evidencias relacionadas con la efectividad de la instrucción. Por otra parte, se puede pedir a los alumnos que en sus reportes verbales expliquen las razones que les motivaron a realizar las diferentes decisiones que condicionaron errores.

La enseñanza asistida por computadora permite a los diseñadores la colección de expedientes de los alumnos en los que se consignan las diferentes acciones que realizan, lo cual es particularmente útil para sistemas en los que el alumno tiene un control absoluto como sucede con algunos programas de hipertexto. Las pruebas para verificación de éstos, consisten en un reporte de todas las respuestas de los alumnos mientras navegan a través del sistema de información, incluyendo las pantallas visitadas, la duración del tiempo tomado para la interacción con las diferentes partes del programa, elecciones realizadas, información introducida al sistema, etc. Su propósito primordial es proporcionar evidencia para la evaluación formativa de los

materiales, tales como los caminos elegidos por los estudiantes, así como en dónde y porqué se cometieron errores. Los diseñadores pueden evaluar la frecuencia y proporción de los nodos visitados, así como las opciones elegidas por los alumnos. Esto puede proporcionar información sobre los patrones de lógica y estrategias que los estudiantes utilizan mientras trabajan con los materiales de estudio. Una ventaja adicional de la colección de estos datos, cuando se compara con otras técnicas de evaluación formativa, radica en que no es obstructiva y es exacta y fácil de obtener por ser automatizada.

Otro método, como las interacciones constructivas, identifica la forma en que pares de alumnos utilizan juntos el material educativo, haciendo decisiones conjuntas acerca de cómo proceder a través del estudio del material. El diálogo escrito elaborado por ellos proporciona evidencia acerca de las hipótesis que generan mientras interactúan con los materiales. Estas técnicas, como los protocolos de pensamiento en "voz alta", han brindado a los diseñadores un mejor entendimiento de cómo evolucionan los alumnos con respecto al material y no sólo si aprueban o no. Por último, la evaluación debe abarcar tantos rubros como sea necesario, incluyendo desde los documentos escritos de instrucciones para el uso del programa, diseño de la interfaz, contenidos, imágenes, sonido, posibilidades de transferencia de conocimientos, adaptabilidad y flexibilidad, hasta las modalidades de evaluación utilizadas. Esta valoración puede identificar también el nivel de integración de los modelos cognitivos tanto en el desarrollo del prototipo como en el programa terminado.

CONCLUSIONES

La elaboración de programas de cómputo para la educación médica está regulado por principios técnicos y académicos basados en un proceso interactivo. En ella se utilizan modelos cognitivos con la finalidad de dar respuesta a necesidades educativas específicas, tomando en cuenta no sólo el logro de resultados sino la necesidad de conocer el proceso de pensamiento que se da en los alumnos durante dicho aprendizaje. Estos modelos por sí solos no pueden configurar respuestas aisladas a un problema complejo como es el de la educación médica, por lo que deben interrelacionarse entre sí, aprovechando su estructura para beneficiar aspectos relevantes acordes con los contextos en los que se vayan a aplicar. El diseño y producción de los

programas consume mucho tiempo y recursos, motivo por el cual se han desarrollado modelos o prototipos rápidos que contienen los elementos anotados a escala. Una vez probados permiten definir adecuadamente sus ventajas, así como los problemas que se enfrentarán para su terminación. Lo anterior ha obviado gastos innecesarios, así como pérdida de tiempo con proyectos con escasa viabilidad.

REFERENCIAS

1. Hopfield JJ, Brody CD. Learning rules and network repair in spike-timing-based computation networks. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2004;101(1):337-42.
2. Deco G, Rolls ET, Horwitz B. "What" and "where" in visual working memory: a computational neurodynamical perspective for integrating fMRI and single-neuron data. *J Cogn Neurosci* 2004; 16(4):683-701.
3. Kirsch I, Lynn SJ, Vigorito M, Miller RR. The role of cognition in classical and operant conditioning. *J Clin Psychol* 2004;60(4):369-92.
4. Bunderson CV, Gibbons AS, Olsen JB, Kearsley GP. Work models: Beyond instructional objectives. *Instructional Science* 1981;10:205-215.
5. Zhang Y, Weng J, Hwang WS. Auditory learning: a developmental method. *IEEE Trans Neural Netw* 2005;16(3):601-16.
6. Zucker JD. A grounded theory of abstraction in artificial intelligence. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 2003;358(1435):1293-309.
7. Wixted JT, Gaitan SC. Cognitive theories as reinforcement history surrogates: the case of likelihood ratio models of human recognition memory. *Anim Learn Behav* 2002;30(4):289-305.
8. Vivekananda-Schmidt P, Hassell AB, McLean M. The evaluation of multimedia learning packages in the education of health professionals: experience of a musculoskeletal examination package. *Nurse Res* 2004;11(3):43-55.
9. Hoff TJ, Pohl H, Bartfield J. Creating a learning environment to produce competent residents: the roles of culture and context. *Acad Med* 2004;79(6):532-39.
10. Spallek H. Adaptive hypermedia: a new paradigm for educational software. *Adv Dent Res* 2003;17:38-42.
11. Butler R. Are mastery and ability goals both adaptive? Evaluation, initial goal construction and the quality of task engagement. *Br J Educ Psychol* 2006;76(Pt 3):595-611.
12. Knight CM, Moule P, Desbordes Z. The grid that bridges the gap. *Nurse Educ Today* 2000;20(2):116-22.
13. Van Querkelbergh PR, Jakob T, Hoffmann D, Wetter T, Finkeisen E. Minimalist knowledge representation of primary care diseases in the medrapid.info knowledge base. *Inform Prim Care* 2005;13(4):239-48.
14. Carroll JM. Minimalist design for active users. In R. M. Baecher and W. A. S. Buxton (Eds.). *Readings in human-computer interaction: A multidisciplinary approach*. Los Altos, CA: Morgan Kaufmann. 1987.
15. Jonassen DH. Performance analysis. *Performance & Instruction* 1989;4:15-23.
16. Poggio T, Rifkin R, Mukherjee S, Niyogi P. General conditions for predictivity in learning theory. *Nature* 2004;428(6981):419-22.
17. Yuan Y, McKelvey B. Situated learning theory: adding rate and complexity effects via Kauffman's NK model. *Nonlinear Dynamics Psychol Life Sci* 2004;8(1):65-101.
18. Ellermann CR, Kataoka-Yahiro MR, Wong LC. Logic models used to enhance critical thinking. *J Nurs Educ* 2006;45(6):220-7.
19. Owen J, Grealish L. Clinical education delivery-a collaborative, shared governance model provides a framework for planning, implementation and evaluation. *Collegian* 2006;13(2):15-21.
20. Campbell SK. Are models of disability useful in real cases? Pediatric case examples realized in research, clinical practice, and education. *Phys Ther* 2006;86(6):881-87.
21. Rosenthal DR, Worley PS, Mugford B, Stagg P. Vertical integration of medical education: Riverland experience, South Australia. *Rural Remote Health* 2004;4(1):228.
22. Spiro RJ, Feltovich PJ, Jacobson MJ, Coulson RL. Cognitive flexibility, constructivism, and hypertext: Random access instruction for advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. *Educational Technology* 1991;31(5):24-33.
23. Apolloni B, Esposito A, Malchiodi D, Orovas C, Palmas G, Taylor JG. A general framework for learning rules from data. *IEEE Trans Neural Netw* 2004;15(6):1333-49.
24. Prichep LS. Use of normative databases and statistical methods in demonstrating clinical utility of QEEG: importance and cautions. *Clin EEG Neurosci* 2005;36(2):82-87.