

Modelado del estudiante para ambientes virtuales de aprendizaje en Web

Rafael Morales Gamboa*

RESUMEN

En este artículo se proporciona un análisis de la migración del proceso de modelado del estudiante desde los sistemas tutores inteligentes al contexto de la educación en la virtualidad (*e-learning*), de las implicaciones para las plataformas de educación en la virtualidad en términos de adaptaciones para apoyar el proceso de modelado del estudiante y de la funcionalidad esperada en una nueva generación de ambientes inteligentes de aprendizaje. Dicho análisis está basado en mi experiencia reciente en el desarrollo de un componente para el modelado del estudiante para un ambiente de aprendizaje en la virtualidad conocido como LeActiveMath, el producto principal de un proyecto europeo que buscó desarrollar un ambiente basado en Web para el aprendizaje de las matemáticas en el estado del arte.

Palabras clave

Modelado del estudiante, sistemas tutores inteligentes, sistemas administradores del aprendizaje, enseñanza de las matemáticas, mapas conceptuales, funciones de creencia, SCORM.

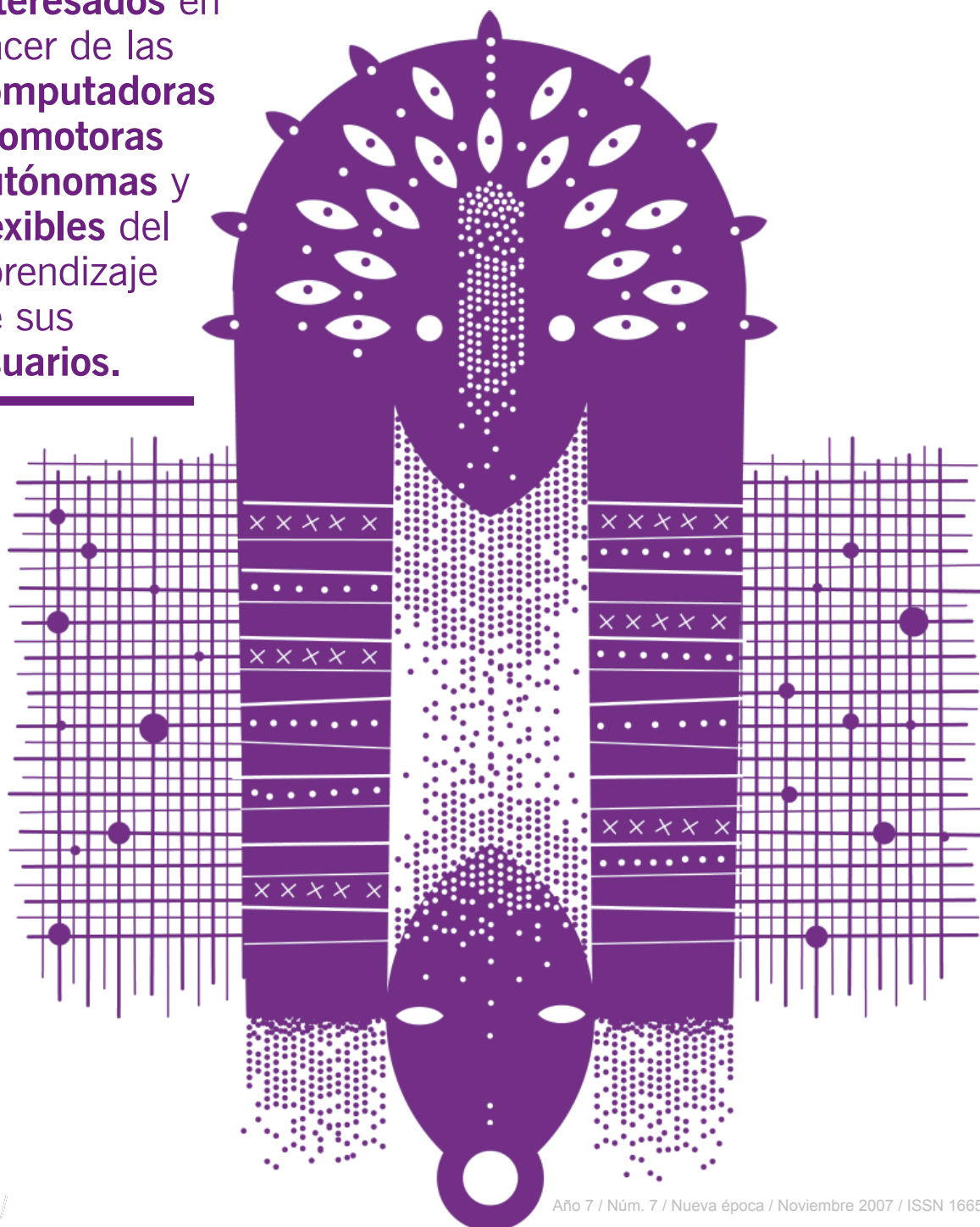
STUDENT MODELLING FOR WEB-BASED VIRTUAL LEARNING ENVIRONMENTS

Abstract

In this paper an analysis is provided of the migration of the student modeling process from intelligent tutoring systems to e-learning, of the implications for e-learning platforms in terms of the adaptations

* Profesor docente asociado "C" adscrito al Instituto de Gestión del Conocimiento y el Aprendizaje en Ambientes Virtuales del Sistema de Universidad Virtual de la Universidad de Guadalajara. Correo electrónico: rmorales@udgvirtual.udg.mx

Quienes han tenido **más influencia** de la **segunda visión** han estado **más interesados** en hacer de las **computadoras promotoras autónomas y flexibles** del aprendizaje de sus **usuarios.**



to be made for supporting student modeling, and of the expected functionality from a resulting new breed of intelligent learning environments. The analysis is based on my recent experience in the development of a student modeling component for an e-learning system known as LeActiveMath, the main product from a european project that aimed to develop a web-based learning environment for mathematics in the state of the art.

Keywords

Student modeling, intelligent tutoring systems, learning management systems, mathematical education, concept maps, belief functions, SCORM.

INTRODUCCIÓN

La historia del uso de las computadoras para el entrenamiento y la educación comenzó pronto después de la introducción de las primeras computadoras comerciales (Gibbons & Fairweather, 2000). A lo largo de los últimos cincuenta años, gran parte de la investigación y el desarrollo en esta área ha estado supeditada a la influencia de dos visiones: una que mira a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) como *herramientas* de soporte para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje, y otra que ve a las computadoras como *agentes* inteligentes capaces de desempeñar un papel proactivo en el contexto educativo, tal como lo hacen estudiantes, profesores y tutores. Investigadores y desarrolladores que han tenido una fuerte influencia de la primera visión se han abocado principalmente a hacer de las siempre nuevas tecnologías de la información y la comunicación herramientas cada vez más útiles para el entrenamiento y la educación. En contraste, quienes han tenido más influencia de la segunda visión han estado más interesados en hacer de las computadoras promotoras autónomas y flexibles del aprendizaje de sus usuarios.

Arquetipos de la educación en la virtualidad (*e-learning*), los sistemas administradores del aprendizaje (*learning management systems*) son implementaciones ampliamente difundidas de la primera visión, generalmente diseñados para hacer la información y los contenidos educativos más fácilmente accesibles y a una audiencia más amplia, a la vez que proporcionan un conjunto de herramientas para favorecer y mejorar la comunicación entre los distintos actores del proceso educativo. Por su parte, productos ejemplares de la segunda visión, los sistemas tutores inteligentes (*intelligent tutoring systems*) han utilizado la adaptación automática a las características, preferencias, metas y necesidades propias de cada estudiante como mecanismo esencial para cumplir su objetivo de promover mejores aprendizajes para sus usuarios (Polson & Richardson, 1988), con buenos resultados experimentales pero con grandes dificultades para ser escalados a contextos educativos más cotidianos e integrarlos con aplicaciones educativas más populares, como es el caso de los sistemas administradores del aprendizaje.



El entendimiento creciente de las ventajas y desventajas de ambas visiones y sus respectivos productos ha llevado a esfuerzos por tomar lo mejor de ambos mundos y mezclarlos en nuevos acercamientos a la educación apoyada con tecnología. Uno de estos acercamientos es la tendencia actual hacia la construcción de objetos de aprendizaje reutilizables (Wiley, 2002) implementados usando tecnologías de la Web Semántica (Berners-Lee, Hendler, & Lassila, 2001). Las promesas de la tecnología de los objetos de aprendizaje y la Web Semántica para los sistemas tutores inteligentes son, entre otras, interoperabilidad, acumulación de esfuerzos y de conocimientos, desarrollos más rápidos y más baratos y comunidades masivas de usuarios. Para los sistemas administradores del aprendizaje, las promesas son mayor flexibilidad, adaptabilidad y la transformación en conocimiento de contenidos educativos opacos y meras piezas de información.

Como representaciones computarizadas de los estudiantes, los modelos de los estudiantes (*student models* o *learner models*) son el corazón de los sistemas tutores inteligentes, ya que acumulan y facilitan el conocimiento acerca de los estudiantes que es indispensable para que estos sistemas puedan lograr sus objetivos de personalización a través de la adaptación automática a las características de cada estudiante individual (Self, 1988; Self, 1999). El modelado del estudiante es un proceso necesario para lograr la funcionalidad de los sistemas tutores inteligentes, lo que nos lleva a la necesidad de transportarlo y adaptarlo a los nuevos ambientes virtuales de aprendizaje, si queremos tener en ellos lo mejor de los sistemas tutores inteligentes.

En este artículo se proporciona un análisis de la migración del proceso de modelado del estudiante al contexto de la educación en la virtualidad, de las implicaciones para las plataformas de

educación en la virtualidad, como es el caso de los sistemas administradores del aprendizaje, en términos de adaptaciones necesarias para apoyar el proceso de modelado y de la funcionalidad esperada en una nueva generación de ambientes inteligentes de aprendizaje en la virtualidad. Dicho análisis está basado en mi experiencia reciente en el desarrollo del componente para el modelado del estudiante de un ambiente de aprendizaje conocido como LeActiveMath, el producto principal de un proyecto europeo que buscó desarrollar un ambiente basado en Web para el aprendizaje de las matemáticas en el estado del arte.

EL MODELADOR EXTENDIDO DEL ESTUDIANTE

LeActiveMath (LeActiveMath Consortium, 2007) es un sistema basado en Web de apoyo al aprendizaje de las matemáticas que explota varios estándares y tecnologías asociados al aprendizaje en la virtualidad y a la Web Semántica (Berners-Lee, Hendler, & Lassila, 2001). LeActiveMath está implementado en Java, uno de los lenguajes más importantes para el desarrollo de aplicaciones para la Web; utiliza el protocolo XML-RPC (Winer, 2003) para comunicarse con sus componentes remotos y otros sistemas y sus contenidos educativos están codificados en OMDoc (Kohlhase, M., 2006), un lenguaje de marcado basado en XML que enfatiza el significado del contenido por encima de su apariencia y permite generar diferentes presentaciones del contenido en distintos tipos de dispositivos utilizando hojas de estilo XSL (XSL Working Group, 2007). El contenido de LeActiveMath está etiquetado con metadatos basados en el estándar LOM (IEEE LTSC,

Como representaciones computarizadas de los estudiantes, los modelos de los estudiantes (*student models* o *learner models*) son el corazón de los sistemas tutores inteligentes.

2002), con extensiones que satisfacen las necesidades específicas de los diversos componentes del sistema.

El subsistema de modelado del estudiante de LeActiveMath, llamado el modelador extendido del estudiante (XLM, por *Extended Learner Model*), ha sido diseñado para trabajar en el contexto de las características de LeActiveMath y beneficiarse de ellas en el cumplimiento de su propósito (Morales, Van Labeke, & Brna, 2006). Al mismo tiempo, un objetivo importante del diseño de XLM fue hacerlo fácil de separar de LeActiveMath, con el fin último de poder ofrecer su funcionalidad a aplicaciones similares, ya sea como un subsistema embebido o como una colección de servicios en la Web.

DE CONTENIDO EDUCATIVO A MODELO DEL ESTUDIANTE

La figura 1 ilustra el proceso mediante el cual XLM recibe información relacionada con la interacción del estudiante con objetos de aprendizaje. Para empezar, los

Cada **evidencia generada** por un **manejador de eventos** es identificada por su **descriptor**, que no es otra cosa sino sus **coordenadas** en el espacio de **creencias sostenidas** por el sistema.

contenidos educativos codificado en OM-DOC son transformados en un lenguaje de presentación (HTML, MathML o PDF) usando hojas de estilo, con el fin de presentarlos al estudiante. Algunos de estos contenidos y sus presentaciones permiten que los estudiantes interactúen con ellos de modo que las interacciones puedan ser capturadas por LeActiveMath y reportadas a XLM en la forma de *reportes de evento*. Estos reportes contienen información básica, como son el identificador del estudiante, el identificador del elemento específico de contenido con el que el estudiante ha interactuado y el tipo de evento reportado, así como información adicional, como es el caso de una medida del desempeño del estudiante en su interacción con el elemento de contenido (para algunos tipos de eventos).

Una variación de este esquema consiste en la introducción de componentes adicionales de LeActiveMath, actuando

como agentes que diagnostican el comportamiento del estudiante y producen juicios acerca del estado y disposiciones de este último. Ejemplos de este tipo de componentes son una herramienta de evaluación que produce juicios sobre los niveles de competencia del estudiante, una herramienta de autorreporte, a través de la cual el estudiante emite juicios sobre su estado afectivo, y un modelador de situaciones que emite juicios sobre el estado de la motivación del estudiante al ocurrir un evento. Una segunda variante del esquema ilustrado en la figura 1 se da cuando el estudiante no interactúa con contenido educativo *per se*, sino con su propio modelo —esto es, el modelo del estudiante que mantiene el sistema— a través de la interfaz gráfica de un componente de XLM llamado el modelo abierto del estudiante (OLM, por *Open Learner Model*). OLM incluye facilidades para que el estudiante pueda inspeccionar y cuestionar tanto las creencias contenidas en su modelo como la evidencia que las justifica. Conforme el estudiante hace uso de estas facilidades, OLM emite juicios acerca de los niveles de competencia metacognitiva del estudiante.

Una vez que XLM ha recibido el reporte de un evento, procede a interpretarlo invocando el *manejador de eventos* correspondiente al tipo de evento reportado (figura 2). El manejador de eventos utiliza el identificador del elemento de contenido educativo, incluido en el reporte, para recuperar los metadatos de dicho elemento; éstos definen el contexto para la interpretación del resto del mensaje. En particular, los metadatos proporcionan información que permite identificar la temática curricular y las competencias relacionadas con el evento reportado, mientras que datos adicionales contenidos en el reporte ayudan a identificar factores

afectivos y de motivación identificados en el evento. Armado con toda esta información, el manejador de eventos activado por XLM produce nueva *evidencia directa* para una selección de las creencias contenidas en el modelo del estudiante.

Cada evidencia generada por un manejador de eventos es identificada por su *descriptor*, que no es otra cosa sino sus coordenadas en el espacio de creencias sostenidas por el sistema. Este espacio tiene seis dimensiones (ver parte de abajo de la figura 1):

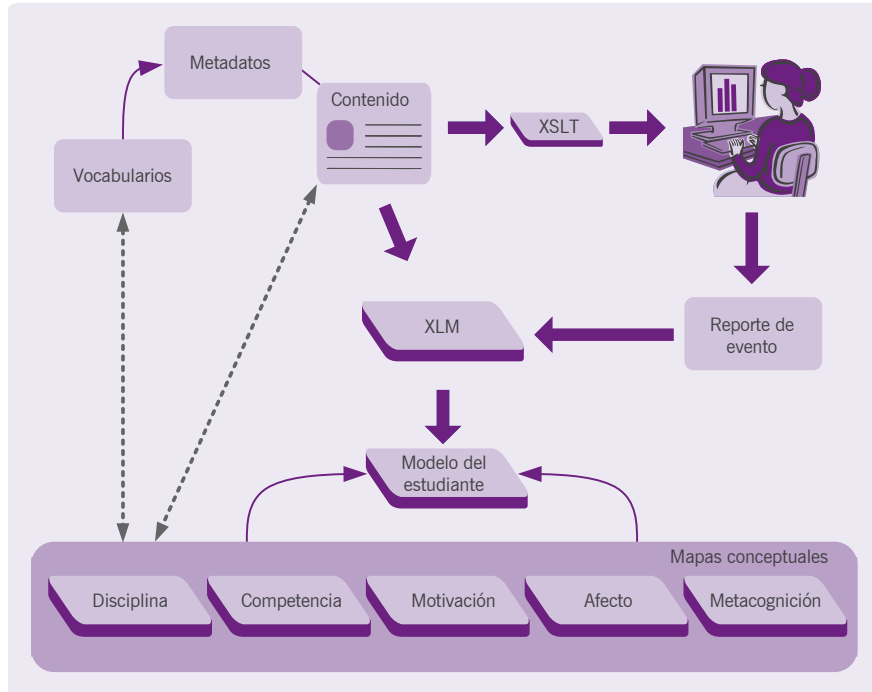


Figura 1. Representación diagramática del proceso por medio del cual la interacción del estudiante con contenidos educativos se transforma en información acerca del estudiante para alimentar su modelo en XLM. Las flechas gruesas representan flujo de información, en tanto que las flechas delgadas representan relaciones entre elementos que intervienen en el proceso.

1. Dominio de conocimiento o disciplina.
2. Errores conceptuales y de procedimiento.
3. Competencias.
4. Disposiciones afectivas.
5. Disposiciones de motivación.
6. Metacognición.

Cada una de estas dimensiones está definida por un *mapa conceptual* que

especifica la ontología de la dimensión. La composición de estos mapas, ilustrada en la figura 3, determina la estructura interna de los modelos de los estudiantes en XLM; esto es, las creencias que éstos pueden contener, sus coordenadas y sus relaciones. La estructura de los mapas conceptuales y la manera en que éstos se combinan es utilizada por *propagadores* en XLM para propagar en la red de creen-

cias la evidencia producida a partir de un evento. El resultado de esta acción es una colección de *evidencia indirecta* para un conjunto de creencias mayor al directamente afectado por la evidencia derivada en primera instancia a partir del evento. El último paso en el proceso de modelado del estudiante en XLM consiste en la actualización de las creencias en el modelo del estudiante a la luz de la nueva evidencia acumulada, directa e indirecta.

USO DEL MODELO DEL ESTUDIANTE EN LEACTIVEMATH

Actualmente, LeActiveMath hace tres tipos de usos de las creencias contenidas en los modelos de los estudiantes:

1. Anota sus tablas de contenidos con estimados de la competencia matemática general del estudiante en relación con cada elemento de contenido, utilizando una escala de colores. El color inicial de las anotaciones es gris, indicando completa ignorancia acerca de la competencia del estudiante, pero esto va cambiando conforme se acumula evidencia.

El último paso en el proceso de modelado del estudiante en XLM consiste en la actualización de las creencias en el modelo del estudiante a la luz de la nueva evidencia acumulada, directa e indirecta.

2. Sugiere al estudiante nuevos elementos de contenido que considera le serían útiles para mejorar su aprendizaje.
3. Provoca la reflexión sobre el aprendizaje, el estado y disposiciones del estudiante a través de permitir inspeccionar las creencias contenidas en su modelo y sugerir cambios. El estudiante puede revisar desde un resumen numérico de una creencia hasta cada una de las piezas de evidencia que la soportan.

Uno de los componentes más innovadores de LeActiveMath es un módulo para ejercitar la resolución de problemas de derivación simbólica, mismo que incorpora soporte en lenguaje natural (inglés) escrito por parte del sistema. Actualmente, este componente utiliza solamente creencias sobre el estado de la motivación del estudiante para adaptar el diálogo, proporcionadas directamente por el modelador de situaciones. Sin embargo, futuros desarrollos podrían hacer uso del modelo completo del estudiante para hacer esta adaptación más fina.

HACIA UN MODELADOR GENÉRICO DEL ESTUDIANTE

Como se mencionó, XLM fue diseñado teniendo en mente su migración a otros ambientes de aprendizaje además de LeActiveMath, funcionando ya sea como un subsistema embebido o como una colección de servicios Web. Ha habido varios intentos en esta dirección en la historia de la investigación y desarrollo de sistemas tutores inteligentes (Kay, 1995; Kobsa & Pohl, 1995; Paiva & Self, 1995; Zapata-Rivera & Greer, 2004) con cierto nivel de éxito entre la comunidad de investigadores pero sin mayor impacto fue-

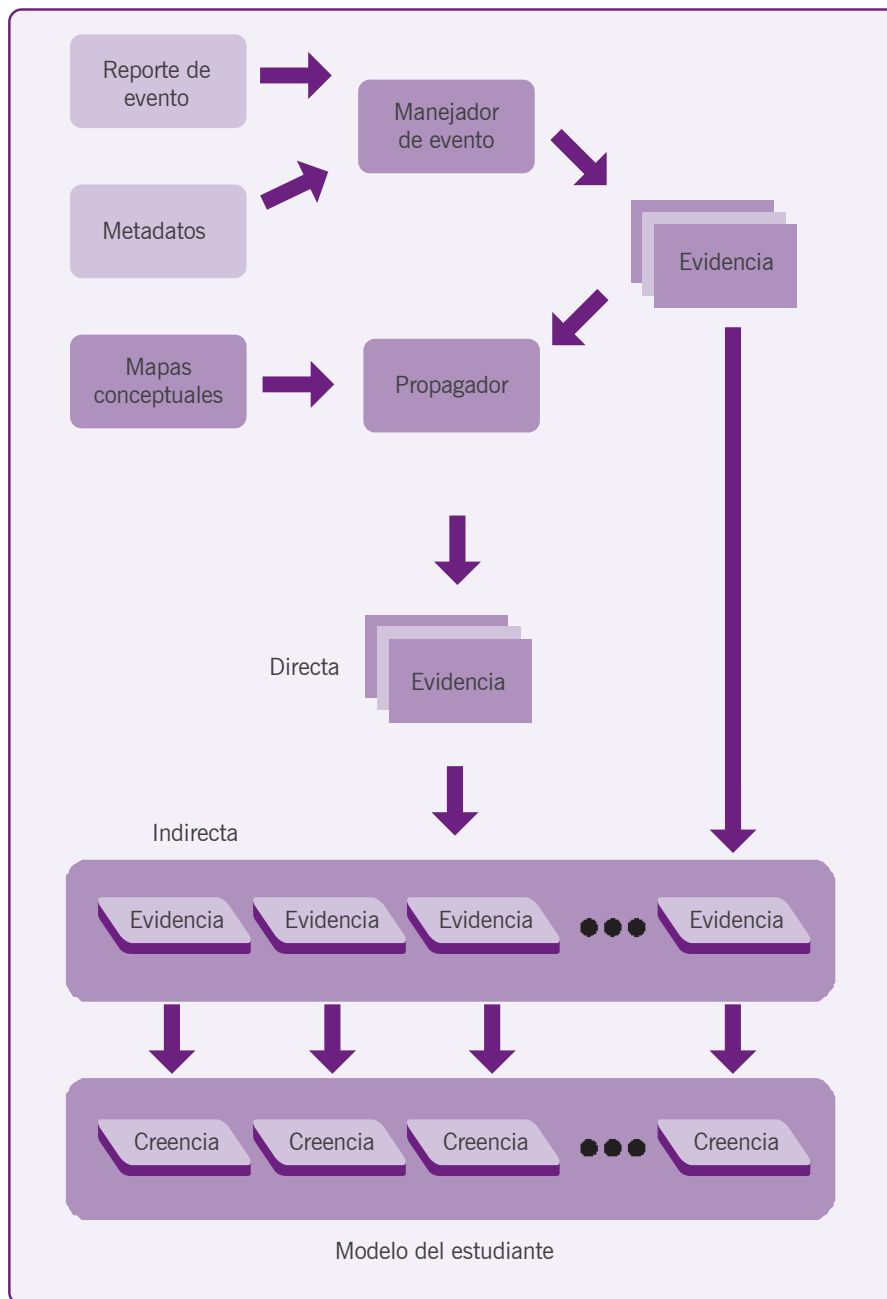


Figura 2. Representación del proceso de interpretación de mensajes de eventos para obtener evidencia y ajustar las creencias en los modelos de los estudiantes. Las flechas representan flujo de información.

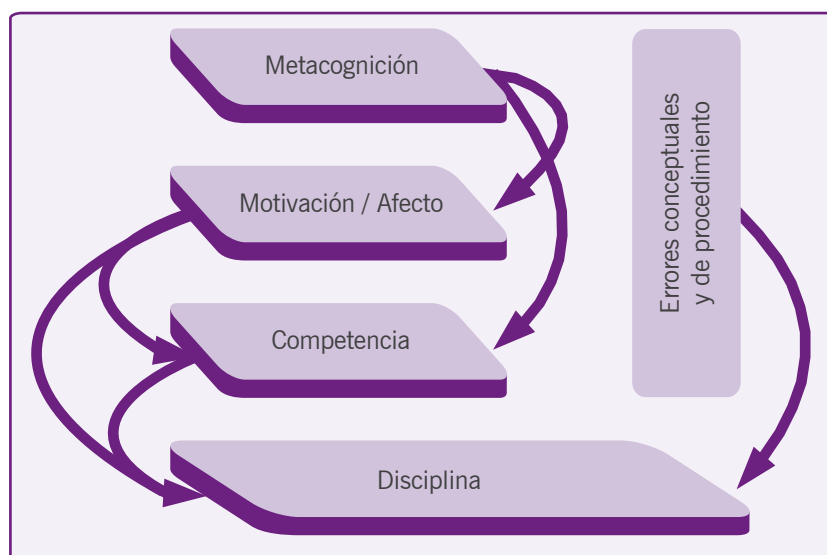


Figura 3. La estructura de los modelos de los estudiantes, construida como la composición de una colección de dimensiones.

ra de ella. En el caso de xLM, el objetivo a largo plazo es que pueda ser integrado a plataformas de aprendizaje en la virtualidad de uso generalizado, como es el caso de los sistemas administradores del aprendizaje. En esta dirección, además de las acciones obvias de hacer xLM más atractivo en su funcionalidad y mejorar su utilización de tecnologías estandarizadas, existe la necesidad de realizar una parametrización adecuada de sus componentes. Este tema puede ser examinado desde la perspectiva del proceso de modelado del estudiante ilustrado en las figuras 1 y 2, y la estructura de los modelos ilustrada en la figura 3.

- Para empezar, el número de mapas conceptuales usados por xLM, las dimensiones del estudiante que ellos describen y la manera en que son combinados para establecer la estructura de los modelos de los estudiantes deben ser convertidos en parámetros fáciles de modificar. Los mapas deberían estar codificados en algún formato estándar,

como es el caso de xTM (Pepper & Moore, 2001) y debiera reforzarse su relación con los vocabularios utilizados en los metadatos de los objetos de aprendizaje (mostrada como líneas grises y punteadas en la figura 1), con el fin de promover un mapeo adecuado de los objetos de aprendizaje en la estructura de conocimiento que describen los mapas.

- El conocimiento de xLM sobre el contenido, estructura y significado de los reportes de eventos que reconoce e interpreta debiera representarse explícitamente y hacerse accesible. Esto equivale a definir un modelo de datos, como se hace en el modelo de referencia SCORM (Advanced Distributed Learning, 2006) y su procesamiento inteligente. Actualmente, xLM procesa reportes de eventos como inicio y fin de sesión, inicio y fin de ejercicios (incluyendo una medida de éxito), autorreportes de estado afectivo y diagnósticos de estado de motivación y de habilida-

No se están explotando las capacidades de las computadoras de comportarse como entes inteligentes, capaces de funcionar como tutores de los aprendices y asistentes de los maestros, de brindar a los primeros asistencia personalizada en todo lugar y momento.

des metacognitivas; pero todo el conocimiento requerido para esta tarea está “alambrado” en la programación de los manejadores de eventos.

- La propagación de evidencia entre las creencias en los modelos de los estudiantes se beneficiaría grandemente del establecimiento de funciones condicionales especializadas adscritas a las asociaciones entre conceptos en los mapas conceptuales, con el fin de hacer más precisa la generación de evidencia indirecta. Consecuentemente, el encontrar una manera fácil de hacer esto es un problema importante. Actualmente, XLM incluye un mecanismo de clasificación de asociaciones en tipos (Dichev & Dicheva, 2005) y cada uno de ellos puede tener definida su propia función condicional, la cual puede ser incluso ajustada por el número de nodos que intervienen en una asociación. Sin embargo, la implementación actual utiliza una sola función condicional.
- Adicionalmente, se podría pensar en mecanismos tipo *plug-in* que permitieran seleccionar entre diferentes formalismos de representación de creencias sobre la misma estructura de modelado del estudiante. XLM utiliza funciones de creencia para representar su conocimiento (Shafer, 1976; Smets, 1994), pero igualmente se podría utilizar un formalismo numérico alternativo, como es el caso de redes bayesianas o lógica difusa

(Jameson, 1996), o un formalismo simbólico como la lógica de creencias (Paiva & Self, 1995).

DISCUSIÓN

En la introducción de este artículo se trató de dejar claro que la aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación a la educación es hoy en día una realidad con varias facetas. Sin embargo, actualmente una gran parte del trabajo en esta área consiste en la producción de lo que podríamos llamar *libros electrónicos*, que aportan a los educandos el beneficio del acercamiento a la información de una manera flexible y familiarización con sus formas de presentación a través de los nuevos medios. La exploración de este tipo de materiales educativos por los estudiantes se ubica generalmente en uno de dos extremos: revisión restringida a una secuencia única predefinida para todos, o exploración atendiendo a su propio criterio y con plena libertad. Los maestros y tutores juegan un papel crucial en el proceso de enseñanza-aprendizaje, proporcionando al estudiante retroalimentación sobre lo estudiado y orientación sobre la ruta a seguir, lográndose de esta manera un cierto grado de personalización del proceso educativo a las necesidades y aptitudes específicas de cada estudiante. Sin embargo, no se están explotando las capacidades de las computadoras de comportarse como entes inteligentes, capaces de funcionar como tutores de los aprendices y asistentes de los maestros, de brindar a los primeros asistencia personalizada en todo lugar y momento y descargar

a los segundos de tareas rutinarias o que requieren procesamiento de grandes cantidades de información.

Dotar a las computadoras de capacidades de retroalimentación y orientación al estudiante, similares a las de los docentes humanos, ha sido tema de investigación por más de treinta años en el área de sistemas tutores inteligentes. Los resultados experimentales han sido muy prometedores, pero al mismo tiempo de costo muy elevado y muy difíciles de transferir desde el laboratorio de investigación hasta los sistemas de educación formal e informal. Por otra parte, gran parte del trabajo reciente sobre educación apoyada con tecnologías está enfocado precisamente a facilitar la personalización de la educación, particularmente mediante el desarrollo de la tecnología de los sistemas de administración del aprendizaje basados en objetos de aprendizaje reutilizables y, específicamente, el modelo SCORM (*Shareable Content Object Reference Model*) (Advanced Distributed Learning, 2007). La disponibilidad de sistemas de administración del aprendizaje compatibles con SCORM ha ido creciendo en los últimos años, a la vez que ha ido aumentando la producción de objetos de aprendizaje basados en SCORM. Los sistemas de mayor

uso en el ámbito nacional e internacional, tanto comerciales como de dominio público —por ejemplo, Blackboard (Blackboard Inc, 2006), Moodle (Moodle) y Dokeos (Dokeos, 2006)— son compatibles con SCORM. Esto es importante para propuestas como la del modelador extendido del estudiante (XLM), porque SCORM especifica un mecanismo estándar de comunicación entre objetos de aprendizaje en ejecución y el sistema que los puso en operación, sentando así las bases para el establecimiento de un subsistema de distribución de reportes de eventos estandarizado similar al que ha sido implementado en LeActiveMath.

Elementos clave de la tecnología de los objetos de aprendizaje en general, y del modelo SCORM en particular, son las herramientas que permiten a las computadoras acceder de manera inteligente a la información tradicionalmente encapsulada en los contenidos educativos. La computadora generalmente tiene acceso a los datos pero no a la información, a los medios pero no a los significados; puede ayudarnos a hacer procesamiento digital de la imagen, pero no nos puede decir que es una copia de una pintura, cuál es su tema, quién es el pintor ni qué estilo artístico representa. Aunque existen varias



maneras de lograr los mismos objetivos de hacer accesible a las computadoras el significado de los contenidos educativos, todas ellas descansan sobre un elemento común: una representación computacional explícita del conocimiento del dominio en el cual un objeto de aprendizaje y lo que ocurre en su interacción con el estudiante tienen sentido. Es precisamente el mapeo o localización de un contenido digital (y de los eventos en la interacción con el estudiante) en una representación del conocimiento de un dominio lo que define el significado de ese contenido en ese dominio para un sistema computacional como XLM. Afortunadamente, en la disciplina de Inteligencia Artificial se han desarrollado una gran variedad de esquemas de representación de conocimiento (Russell & Norvig, 1995), con diferencias en su manera de codificar el conocimiento, en su capacidad expresiva y en la complejidad de su utilización. Paralelamente, se han desarrollado una serie de técnicas para hacer uso del conocimiento en forma efectiva a fin de resolver una variedad de problemas de manera inteligente. La aplicación de estas técnicas a la educación apoyada con tecnología permitiría a los sistemas de apoyo al aprendizaje representar las características más significativas de un estudiante, diagnosticar su estado actual y disposiciones, seleccionar una colección de actividades que le brindarían mayor beneficio en su aprendizaje y entablar un diálogo con los diferentes actores del proceso de enseñanza-aprendizaje para escoger las más convenientes y su orden.

CONCLUSIONES

Uno de los retos más importantes en el área de la educación apoyada con tecnología sigue siendo el desarrollo de tecnolo-

Uno de los **retos** más importantes en el **área de la educación** apoyada con **tecnología** sigue siendo el **desarrollo de tecnologías** de bajo costo para la **representación** de una gran variedad de **conocimiento**, incluyendo conocimiento sobre **cada estudiante** suficiente para **guiar** la toma de **decisiones** del **sistema** en apoyo de una **educación centrada** en el **individuo**.

gías de bajo costo para la representación de una gran variedad de conocimiento, incluyendo conocimiento sobre cada estudiante —sus aptitudes, disposiciones, competencias, preferencias y otras características— suficiente para guiar la toma de decisiones del sistema en apoyo de una educación centrada en el individuo. Avances en esta dirección proveerían a los maestros un asistente natural en el contexto de educación apoyada en nuevas tecnologías y a los aprendices un apoyo incondicional y permanente a lo largo de su aprendizaje.

Las líneas de investigación en esta temática son variadas, aunque muchas descansan sobre una representación de conocimiento de tipo declarativa y estructural, como es el caso de ontologías en sus diversas variantes, combinada con una técnica de representación de creencias específicas. El trabajo que aquí se ha descrito, de diseño y desarrollo del modelador extendido del estudiante (xLM), es un ejemplo del estado del arte en este campo de investigación. xLM utiliza una colección de mapas conceptuales para definir las dimensiones del espacio de creencias que administra, representando sus creencias de modo que es posible expresar ignorancia e incertidumbre, así como conflicto en la evidencia que soporta las creencias. Esta representación del conocimiento se combina en xLM con una variada colección de componentes (objetos de aprendizaje, reportes de eventos, manejadores de eventos y propagadores) para construir y mantener actualizados modelos de los estudiantes, representaciones elaboradas del estado actual y disposiciones de cada estudiante.

Es prioritario extender la disponibilidad de este tipo de herramientas a la comunidad de la educación en la virtualidad. Una línea de trabajo a futuro en esta dirección consiste en desarrollar un modelo de referencia que especifique un

conjunto básico de eventos que pueden ocurrir en la interacción de estudiantes con objetos de aprendizaje, su significado, cómo reportarlos y cómo procesarlos para construir modelos de estudiantes en cualquier sistema compatible con el modelo de referencia.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Paul Brna la oportunidad de trabajar en el proyecto europeo LeActiveMath, a Nicolas Van Labeke las largas horas discutiendo sobre nuestro trabajo en xLM y a Helen Pain su apoyo constante e incondicional. Así mismo, quiero agradecer a Gabriel López Morteiro sus valiosos comentarios a una versión preliminar de este artículo. [a/](#)

BIBLIOGRAFÍA

- Advanced Distributed Learning (2007), *Advanced Distributed Learning-scorm*. Recuperado el 5 de octubre de 2007, en <http://www.adlnet.gov/scorm>
- Advanced Distributed Learning (2006), *scorm® 2004 3rd Edition Run-Time Environment (rte) Version 1.0*.
- Blackboard Inc. (2006), *Blackboard: Eduate. Innovate. Everywhere*. Recuperado el 22 de noviembre de 2006, en <http://www.blackboard.com>
- Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (mayo de 2001), "The Semantic Web", in *Scientific American*.
- Dichev, C., & Dicheva, D. (2005), "Contexts in educational topic maps", in *12th International Conference on Artificial Intelligence in Education* (pp. 789-791). ios Press.
- Dokeos (2006), *Dokeos open source e-learning*. Recuperado el 22 de noviembre de 2006, en <http://www.dokeos.com>
- Gibbons, A. S., & Fairweather, P. G. (2000), "Computer-based instruction", in S. Tobias, & J. D. Fletcher, *Training and Retraining: A Handbook for Business, Industry, Government, and Military*. Macmillan.
- IEEE LTSC (2002), 1484.12.1-2002 IEEE Standard for Learning Object Metadata.
- Jameson, A. (1996), "Numerical Uncertainty Management in User and Student Modeling: An Overview of Systems

- and Issues", in *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 5, pp. 193-251.
- Kay, J. (1995), "The um toolkit for reusable, long term user models", in *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 4, pp. 149-196.
- Kobsa, A., & Pohl, W. (1995), "The BGP-MS user modeling system", in *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 4, pp. 197-226.
- Kohlhase, M. (2006), *omdoc.org: The omdoc Portal*. Recuperado el 5 de octubre de 2007, en <http://www.omdoc.org>
- LeActiveMath Consortium (2007), *Language-enhanced, user adaptive, interactive elearning for mathematics*. Recuperado el 3 de octubre de 2007, en <http://www.leactivemath.org>
- Moodle (s. f.), *Moodle-A free, open source course management system*. Recuperado el 22 de noviembre de 2006, en <http://www.moodle.org>
- Morales, R., Van Labeke, N., & Brna, P. (2006), "Approximate modelling of the multidimensional learner", in *Intelligent Tutoring Systems, ITS*, pp. 555-564. Springer Verlag.
- Paiva, A., & Self, J. (1995), "TAGUS-A user and learner modeling workbench", in *User Modeling and User-Adaptive Interaction*, 4 (3), pp. 197-226.
- Pepper, S., & Moore, G. (eds.) (2001), *XML Topic Maps (XTM) 1.0*. Recuperado el 5 de octubre de 2007, en <http://www.topicmaps.org/xtm>
- Polson, M. C., & Richardson, J. J. (1988), *Foundations of Intelligent Tutoring Systems*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Russell, S., & Norvig, P. (1995), *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall.
- Self, J. (1988), "Bypassing the intractable problem of student modelling", in G. Gauthier, & C. and Frasson (ed.), *Proceedings of Intelligent Tutoring Systems*, pp. 18-24. Montreal.
- Self, J. (1999), "The defining characteristics of intelligent tutoring systems research: ITS care, precisely", in *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, pp. 350-364.
- Shafer, G. (1976), *A Mathematical Theory of Evidence*. Princeton University Press.
- Smets, P. (1994), "The transferable belief model", in *Artificial Intelligence*, 66, pp. 191-234.
- Wiley, D. A. (2002), "Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy", in W. A. David (ed.), *The Instructional Use of Learning Objects*. Agency for Instructional Technology.
- Winer, D. (2003), *XML-RPC Specification*. Recuperado el 5 de octubre de 2007, en <http://www.xmlrpc.com/spec>
- XSL Working Group (2007), *The Extensible Stylesheet Language Family (XSL)*. Recuperado el 5 de octubre de 2007, en <http://www.w3.org/Style/XSL>
- Zapata-Rivera, J. D., & Greer, J. (2004), "Inspectable Bayesian Student Modelling Servers in Multi-agent Tutoring Systems", in *International Journal of Human-Computer Studies*, 61, pp. 535-563.

