

Impacto de los tutores inteligentes en la nivelación académica universitaria

Omar Álvarez Xochihua, José Ángel González Fraga, Adrián Enciso Almanza, Evelio Martínez Martínez, Sergio Omar Infante Prieto y Everardo Gutiérrez López

Introducción

La misión de las universidades públicas y privadas es preparar profesionales capaces de atender las necesidades y retos que los diferentes sectores económicos y sociales demandan. Un elemento clave en la modernización de cualquier país es el nivel de educación superior de su sociedad, ya que determina su índice de evolución científica, tecnológica, social y económica (UNESCO, 1998). Este es el principal motivo por el que los gobiernos de la mayoría de los países invierten cada vez más recursos, en la medida de sus posibilidades, para el fomento de la educación entre sus habitantes. En México, alrededor de 19% del gasto federal es asignado a la educación en todos sus niveles. De este recurso, 21% es invertido en educación superior. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, por sus siglas en inglés), señala que un estudiante universitario que atiende una institución pública le cuesta al gobierno mexicano alrededor de 6 mil dólares al año (OECD, 2008).

Desde hace varias décadas, las instituciones de educación superior (IES) mexicanas enfrentan altos porcentajes de deserción académica, rezago estudiantil y bajos índices de eficiencia terminal, siendo estas problemáticas recurrentes y complejas de abatir. La deserción y el rezago son los principales factores que impiden alcanzar altas tasas de eficiencia terminal en los programas educativos. Las estadísticas proporcionadas por la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) indican que en el periodo 1985-1990 la eficiencia terminal promedio para el subsistema de educación superior fue de 50.6% (ANUIES, 2004). Asimismo, reporta que de cada 100 alumnos que inician estudios de licenciatura, entre 50 y 60 concluyen las materias del plan de estudios cinco años después y de estos tan sólo 20 obtienen su título.

La deserción se ha convertido en un problema tanto para aquellos que desertan como para las instituciones educativas y la sociedad en general, ya que provoca pérdidas de recursos e impacta negativamente en el desarrollo social (Romo y Fresán, 2001). El alto índice de deserción estudiantil universitaria, así como el impacto económico y social que esto origina, son un fenómeno que merece especial interés, por ello, en atención a esta problemática nacional e internacional, las IES han buscado estrategias de retención y nuevas formas para transmitir y adquirir conocimiento.

Las causas de la deserción universitaria son variables, provienen desde características personales hasta factores institucionales, sociales y económicos. Asimismo, estadísticas recientes indican que un gran porcentaje de alumnos, quienes abandonan sus estudios antes de lograr el grado académico, corresponde a la deserción durante el primer año de estudios, donde uno de los factores principales es la dificultad que enfrentan los universitarios para atender la rigurosidad de algunas asignaturas en los primeros semestres de su formación. Se ha observado que los cursos que presentan mayor dificultad para los jóvenes son aquellos relacionados con las matemáticas, las ciencias y la comunicación oral y escrita. En estos cursos, tanto la cantidad de horas clase como actividades extraclase proporcionadas por tutores o asesores parecen no ser suficientes para que el desempeño de los estudiantes sea aceptable. Aun cuando el ofrecer asesoría en áreas donde los estudiantes tienen deficiencias ha sido de gran ayuda, la interacción personalizada requerida entre alumnos y tutores es demasiado alta y específica, lo cual se deriva de la gran desigualdad entre los conocimientos y habilidades previas de los alumnos (Pozo, 1989).

Debido a esta problemática, se requieren nuevas estrategias que nos ayuden a reducir la deserción académica e impulsen un mejor aprovechamiento educativo en los estudiantes. El trabajo del docente, apoyado con Sistemas de Asesoría Inteligente, referidos en la literatura internacional como Sistemas de Tutoría Inteligente (ITS, por sus siglas en inglés), ha demostrado ser eficiente para mejorar la atención y el desempeño académico. En el presente capítulo, se presenta el impacto educativo obtenido al utilizar un ITS que tiene como principal objetivo el incrementar el desempeño académico de los estudiantes en el primer curso de matemáticas, que se ofrece a los estudiantes del Tronco Común de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC).

En la sección 2, Marco teórico, se describen de manera general los ITS y los elementos que fundamentan su uso y capacidades. El Caso de estudio, sección 3, expone la metodología utilizada para estudiar el impacto del ITS. En los

Resultados del estudio, se discute el impacto académico y la experiencia de los usuarios del ITS implementado. Finalmente, se proporcionan las Conclusiones del desarrollo de la investigación.

Marco teórico

En la búsqueda de nuevas y mejores técnicas para la enseñanza a través de sistemas computacionales, se han usado enfoques provenientes de diferentes ciencias, como la pedagogía, la ciencia cognitiva y la inteligencia artificial. La investigación en estas áreas de estudio ha generado herramientas de apoyo para la educación como los Sistemas de Tutoría Inteligente. Estos sistemas combinan conocimientos de expertos, estrategias pedagógicas efectivas, herramientas informáticas y de inteligencia artificial, con el fin de proporcionar una instrucción sobre un tema o dominio específico a través de una computadora. En este caso, la atención se proporciona de manera personalizada en un dominio específico, es decir, el sistema se adapta conforme a las necesidades y características de cada estudiante que desea fortalecer sus conocimientos en una temática en particular.

El desarrollo de este tipo de sistemas fue motivado por estudios que reportan un alto aprovechamiento en el proceso de enseñanza-aprendizaje, cuando los estudiantes reciben atención personalizada (Bloom, 1984) y cuando el aprendizaje es significativo y constructivista (Ausubel, 1983). A continuación, se describen las teorías de aprendizaje personalizado y significativo para comprender cómo estas teorías fundamentan la construcción de los ITS.

Aprendizaje personalizado

En nuestra experiencia como profesores, sabemos que mientras más reducido sea un grupo, podremos proporcionar una mejor atención a los estudiantes y, por ende, esperamos lograr mejores resultados en su aprendizaje.

Idealmente, así lo reportó el estudio de Bloom (1984), cuando un estudiante tiene a su disposición a un tutor de manera exclusiva, tanto para darle clases como para comprobar su aprendizaje, su calidad formativa será superior a la de un estudiante promedio que reciba clases de forma convencional. Este estudio demuestra que el aprendizaje tutorial, también llamado personalizado o uno a uno, es mucho mejor frente a los métodos de instrucción convencionales donde la relación de profesor a estudiantes fue de 1 a 30. Después de una serie de pruebas, Bloom mostró que el método instruccional tutorado superaba en dos veces la desviación estándar frente al método convencional. En otras palabras, un estudiante promedio del grupo de instrucción tutorial puede lograr hasta 98% de mejoría, comparado con un estudiante promedio del grupo con instrucción convencional.

Aun cuando la tutoría personalizada sea más eficiente que las formas de enseñanza tradicionales, también es la más costosa. Sin embargo, mediante la utilización de un ITS bien diseñado y desarrollado, los costos de instrucción personalizada se vuelven viables.

Aprendizaje significativo

La teoría del aprendizaje significativo, basada en el enfoque constructivista, enfatiza la importancia de relacionar el conocimiento previo con el aprendizaje de nueva información (Hernández Rojas, 1998). “Un aprendizaje es significativo cuando los contenidos son relacionados de modo no arbitrario y sustancial (no al pie de la letra) con lo que el alumno ya sabe. Por relación sustancial y no arbitraria se debe entender que las ideas se relacionan con algún aspecto existente específicamente relevante de la estructura cognoscitiva del alumno, como una imagen, un símbolo ya significativo, un concepto o una proposición” (Ausubel, 1983).

La característica más importante del aprendizaje significativo es que produce una interacción entre los conocimientos más relevantes de la estructura cognitiva y las nuevas informaciones (no es una simple asociación), de tal modo que estas adquieren un significado y son integradas a la estructura cognitiva de manera no arbitraria y sustancial, favoreciendo la diferenciación, evolución y estabilidad de los conocimientos preexistentes y consecuentemente de la estructura cognitiva (Ausubel, 1983).

Los requisitos que se deben cumplir para que el aprendizaje sea significativo son: 1) el alumno debe manifestar una disposición para relacionar, sustancial y no arbitrariamente, el nuevo material con su estructura cognoscitiva, y 2) que el material debe ser relevante y tener una organización clara (significatividad lógica), además de tener relación con los conceptos ya adquiridos por el alumno (significatividad psicológica) (González y del Pozo, 2007).

Con base en lo anterior, la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel ofrece un marco teórico adecuado para desarrollar las guías instruccionales de un ITS. El material y los ejercicios se elaboran considerando que la

asimilación del conocimiento se construye al relacionar los conceptos nuevos con los conceptos y experiencia que ya se tienen. Teniendo en cuenta al alumno, como constructor de su propio conocimiento, se le anima a relacionar los conceptos a aprender para que tengan sentido a partir de la estructura conceptual que ya posee. Este puede ser por descubrimiento o receptivo.

Sistemas de tutoría inteligente

Los Sistemas de Tutoría Inteligente se han utilizado en diversas instituciones educativas desde hace más de dos décadas (Urban, 1996). Como ya se mencionó, los ITS son asesores por computadora que tienen la capacidad de ofrecer una instrucción personalizada acorde con las necesidades específicas de aprendizaje. El objetivo principal de estos sistemas es apoyar a estudiantes en la obtención de conocimientos de diversas temáticas, como matemáticas, geografía o medicina, por mencionar algunas. Los resultados de diversos estudios demuestran que los estudiantes que utilizan tutores inteligentes, como complemento a su aprendizaje en el aula, han obtenido una mejora significativa en su nivel de aprovechamiento (Woolf, 2010).

Es importante enfatizar que el desarrollo de este tipo de sistemas fue motivado por estudios que indicaron el fuerte impacto en el aprendizaje de estudiantes que son enseñados por instructores humanos personalizados. Estudiantes que obtienen atención individualizada, en un esquema uno-a-uno, han mostrado un nivel de aprendizaje hasta dos veces mayor comparado con estudiantes que aprenden en la modalidad convencional (enseñanza grupal). Sin embargo, el pensar en brindar esta atención a cada estudiante es una realidad difícil de alcanzar, aun en países altamente desarrollados, ya que es un reto tanto para investigadores como educadores el identificar estrategias pedagógicas que permitan lograr, en un entorno de aprendizaje convencional, un nivel de aprendizaje igual o similar al alcanzado mediante una instrucción individualizada (Fournier, 2010). Con base en lo anterior, los ITS, al proveer instrucción a la medida de cada uno de los estudiantes que usan el tutor inteligente, son una alternativa que atiende los retos de disminuir los índices de deserción y a aumentar los niveles de aprovechamiento para la educación de niños y jóvenes de diferentes niveles educativos.

Arquitectura de los ITS

El término Sistema de Tutoría Inteligente fue adoptado por los investigadores de esta área para diferenciar los tutores inteligentes de sus antecesores: los sistemas que ofrecen Instrucción Asistida por Computadora (CAI, por sus siglas en inglés). Estos últimos se caracterizan en el uso general de la computadora como apoyo en la enseñanza (Nwana, 1990), mientras que un ITS hace uso de la inteligencia artificial para modelar el conocimiento de instructores y estudiantes.

La arquitectura de un ITS está determinada por los siguientes componentes:

- Modelo del estudiante. Habilidad para identificar y modelar el nivel cognitivo de cada estudiante.
- Modelo del experto. Capacidad de representar conocimiento de un dominio; permite al ITS razonar y responder tal como un tutor humano.
- Modelo pedagógico. Habilidad de adaptar el modelo de enseñanza-aprendizaje al estilo de cada estudiante.
- Módulo de interfaz. Constituye los elementos para interactuar con el usuario y monitorear su actividad.

Un ITS debe considerar una o más de las siguientes características:

- Generación de conocimiento. Habilidad para generar ejercicios y brindar asesoría personalizada.
- Iniciativa mixta. Habilidad de iniciar interacción con el estudiante (proactiva) o responder ante la solicitud de ayuda (reactiva).
- Aprendizaje interactivo. Contar con contenido educativo auténtico, atractivo, suficiente, interactivo y relevante.
- Automejora. Habilidad para evaluar su desempeño al proveer asesoría y aprender de la misma.

Un ITS no necesariamente debe contar con todas las características mencionadas; además, el grado de madurez alcanzado en cada una de ellas puede variar y resultar desde modelos simples a muy sofisticados (Woolf, 2009).

Operatividad de los componentes del tutor inteligente

El proceso de solución de un ejercicio o problema a través de un ITS inicia cuando el estudiante trata de solucionar algún problema o ejercicio en el sistema. De manera permanente, el tutor inteligente monitorea todas las acciones

o pasos de solución que realiza el estudiante. Durante este proceso, los cuatro elementos (modelos e interfaz) están comunicándose entre sí y de manera automática determinan el momento en que el tutor inteligente debe intervenir con alguna ayuda para el estudiante. Como se esquematiza en la [figura 1](#), el ITS realiza las siguientes acciones para brindar alguna asesoría:

1. Monitorea el desempeño del estudiante al solucionar ejercicios (módulo de interfaz).
2. Recibe y registra la actividad realizada por el estudiante (módulo de interfaz).
3. Crea o actualiza el modelo cognitivo del estudiante (modelo del estudiante).
4. Compara el estado cognitivo del estudiante con el conocimiento de los expertos (modelo del estudiante y modelo del experto).
5. Brinda asesoría, es decir, proporciona la ayuda necesaria para la solución de ejercicios de acuerdo con el estilo de aprendizaje del estudiante (modelo pedagógico).
6. Determina el medio de interacción a utilizar que puede ser a través de texto, imágenes, audio, etc. (módulo de interfaz).
7. Interactúa con el estudiante proveyendo la asesoría definida.

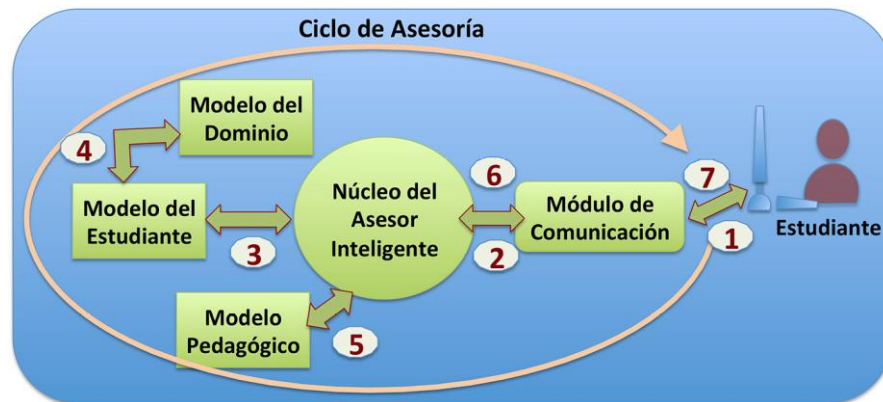


Figura 1

Caso de estudio

El Sistema de Tutoría Inteligente implementado en este estudio tiene como principal finalidad apoyar y facilitar el aprendizaje de los temas del curso Introducción a las Matemáticas, que se ofrece a estudiantes universitarios de nuevo ingreso de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California. Asimismo, se pretende nivelar los conocimientos del grupo de estudiantes que ingresan cada semestre e identificar las temáticas con mayor deficiencia, con lo cual se espera una disminución en los porcentajes de deserción y reprobación.

Es importante señalar que el ITS considera la arquitectura mostrada en la sección anterior y que su contenido ha sido diseñado con base en la teoría del aprendizaje significativo propuesta por Ausubel (1983), con lo cual se asegura que el ITS para la nivelación académica proporciona de manera adecuada el material instruccional y una guía personalizada para reforzar conceptos y métodos en la resolución de problemas de aritmética y álgebra.

Diseño del ambiente de aprendizaje utilizado en el estudio

Al implementar el ambiente de aprendizaje basado en un ITS, el objetivo principal fue que la mayoría de los estudiantes alcanzaran las siguientes metas: 1) demostrar ser competente con la mayoría de las temáticas incluidas en la base de conocimiento del tutor; 2) mantener un desempeño satisfactorio en el curso Introducción a las Matemáticas, y 3) aprobar el curso con un nivel de aprendizaje medio o alto, es decir, una calificación final mayor o igual a 70.

Con el fin de alcanzar los objetivos propuestos, principalmente los dos últimos, se realizó un análisis para identificar qué conocimientos previos en el área de matemáticas presentan mayores problemas de retención en los estudiantes universitarios de nuevo ingreso. Con el apoyo de expertos en el área de matemáticas, se determinó el contenido de la base de conocimiento del tutor inteligente la cual, a su criterio y experiencia, debería contener al menos los siguientes temas: exponentes, porcentajes, monomios, notación científica y fracciones. Finalmente, la

estructura del contenido de la base de conocimiento consistió de estos cinco temas, los cuales se dividieron en subtemas que el ITS presenta al estudiante con una secuencia que considera interdependencia y un nivel de complejidad incremental. En la [figura 2](#) se presenta la estructura de la base de conocimiento del tutor inteligente.

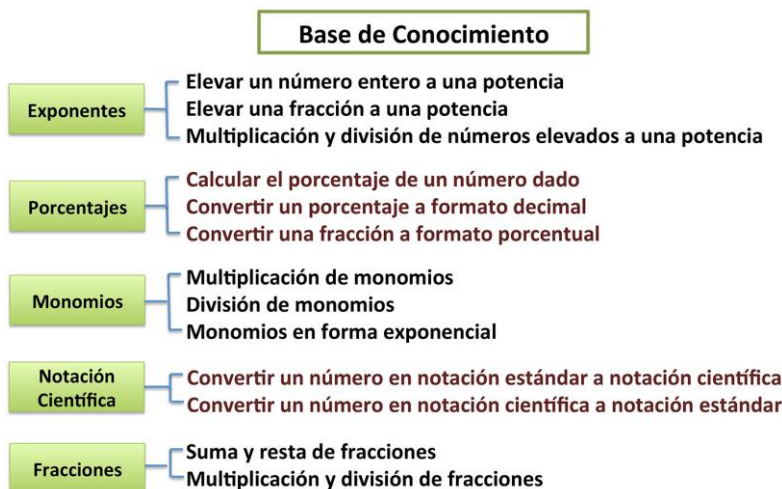


Figura 2

Cada subtema cuenta con contenido instruccional que ayuda al estudiante a recordar los aspectos teóricos, así como un conjunto de aproximadamente 30 ejercicios. Al momento de conducir nuestro estudio, el sistema contaba con alrededor de 500 ejercicios disponibles. El contenido instruccional descrito se implementó en la base de conocimiento del tutor inteligente y está disponible a través de un Sistema de Gestión de Contenidos para cursos en línea (LMS, por sus siglas en inglés). La vista de la página principal del sistema es presentado en la [figura 3](#).



Figura 3

Para interactuar con el ambiente de aprendizaje, se recomendó a los alumnos participantes estudiar el material teórico y después realizar tres ejercicios de un banco de ejercicios del banco de reactivos disponible por cada temática. Actualmente, los ejercicios son asignados de manera aleatoria por el núcleo del tutor inteligente, sin considerar criterios de complejidad. El ITS proporciona asesoría *reactiva* a solicitud del estudiante y *proactiva* cuando el tutor inteligente detecta un error en alguno de los pasos de la solución que proporciona el estudiante. La retroalimentación proactiva es transmitida utilizando una caja de diálogo, misma que está basada en texto y código de colores que enfatizan cuando un dato proporcionado es correcto (texto en color verde) o incorrecto (texto en

color rojo). Al concluir los tres ejercicios asignados, el tutor inteligente estima y presenta la calificación final del estudiante en cada subtema atendido a través de una evaluación en escala de cero a cien. Adicionalmente, se determina el desempeño del estudiante en cada tema con base en la calificación que se obtuvo en cada subtema. El sistema permite resolver el conjunto de ejercicios tantas veces como el estudiante considere necesario hasta alcanzar un nivel de desempeño satisfactorio. La actividad del estudiante es registrada en la base de datos del sistema para su posterior análisis. Entre las actividades que se registran, se encuentran las respuestas correctas e incorrectas, solicitud de ayuda al tutor inteligente, hora de acceso, tiempo de uso del sistema, número de intentos en cada conjunto de ejercicios y calificación.

Métodos utilizados en el estudio

Para medir el desempeño académico de los estudiantes, así como la aceptación en el uso del tutor inteligente – aspectos de mayor interés en esta investigación–, se consideraron las siguientes preguntas de investigación: 1) ¿cuál es el impacto en el desempeño educativo de los estudiantes inscritos en el curso Introducción a las Matemáticas que utilizan el tutor inteligente? y 2) ¿cuál es el grado de aceptación y nivel de satisfacción de los estudiantes al utilizar este ambiente de aprendizaje?

Para dar respuesta a estas preguntas, se definieron los siguientes componentes en la metodología utilizada en el estudio.

Participantes

En la Facultad de Ciencias se ofertan cuatro programas educativos (Biología, Ciencias Computacionales, Física y Matemáticas Aplicadas). En el semestre 2013-2 ingresaron 130 estudiantes al tronco común de estas carreras, los cuales fueron distribuidos en cinco grupos. Durante el curso de inducción, se invitó a los nuevos estudiantes para que utilizaran el ITS para la nivelación académica; asimismo, se les informó que su uso era opcional, pero se enfatizó la importancia de realizar el repaso de sus conocimientos de matemáticas básicas; además, se les proporcionó una breve reseña de las bondades de los ITS y la forma de utilizar el sistema. De los cinco grupos de nuevo ingreso, se seleccionaron dos al azar, de los cuales se derivó un total de 58 alumnos que participaron en el estudio. De estos alumnos, 23 utilizaron el tutor inteligente durante la semana previa al inicio de clases.

Duración del estudio

Durante los cinco días del curso de inducción, los estudiantes conocieron diferentes aspectos de la Facultad y la Universidad en general, como instalaciones, reglamentos, servicios, entre otros. Si consideramos que los temas incluidos en el ITS ya han sido estudiados en los niveles educativos previos, se estima que aproximadamente cinco horas son suficientes para que los estudiantes refuercen sus conocimientos previos en el área. Con base en lo anterior, la invitación para utilizar el sistema se realizó el segundo día de la semana de inducción y el ambiente estuvo disponible el resto de la semana las 24 horas del día. Los estudiantes que utilizaron el sistema lo hicieron después de sus actividades en el curso de inducción y desde sus hogares.

Fuente de datos y mecanismo de análisis

Para dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas, utilizamos datos de cuatro fuentes distintas:

- I. Los registros generados automáticamente por el sistema (respuestas correctas e incorrectas, solicitud de ayuda al tutor inteligente, hora de acceso y tiempo de uso del sistema, número de intentos en cada conjunto de ejercicios, calificación obtenida, entre otros).
- II. Resultados de la primera evaluación de los grupos del curso Introducción a las Matemáticas que participaron en el estudio.
- III. Calificaciones finales de los dos grupos.
- IV. Experiencia de uso expresada por los alumnos que utilizaron el sistema.

Los datos antes mencionados se utilizaron como se describe a continuación. Primero, para la evaluación del impacto en la nivelación académica y desempeño educativo de los estudiantes que utilizaron el ITS, se consideraron las fuentes de datos I, II y III. Para el análisis de los resultados de la investigación, nos referiremos a los dos grupos que conformaron el estudio, como Grupo-1 y Grupo-2.

En el Grupo-1, 11 de 31 estudiantes utilizaron el ITS y en el Grupo-2, 12 de 27 estudiantes. En general, al considerar los dos grupos, 23 estudiantes utilizaron el ITS (grupo experimental) y 35 no lo hicieron (grupo de

control). Posteriormente, en la evaluación del grado de aceptación y nivel de satisfacción de los estudiantes que usaron el tutor inteligente, utilizamos las fuentes de datos I y IV.

Resultados del estudio

La documentación de nuestro estudio revela consistencia en los resultados obtenidos en cada uno de los grupos. En ambos casos, se observó un mejor desempeño académico de los estudiantes que utilizaron el ITS, consistente en un menor índice de reprobación en la primera evaluación y la calificación final del curso. Adicionalmente, se obtuvo una respuesta favorable sobre el nivel de aceptación y satisfacción respecto al uso del sistema. A continuación, se describen los detalles de los resultados obtenidos.

Beneficios obtenidos en el nivel de aprovechamiento de los estudiantes

El tiempo invertido por los estudiantes, quienes voluntariamente utilizaron el tutor inteligente, se refleja en un beneficio en su desempeño durante el curso Introducción a las Matemáticas. Entre los resultados más importantes que logramos identificar en nuestro estudio, derivado de datos cuantitativos, observamos un desempeño superior en el resultado del primer examen y en la calificación final que se obtuvo del curso.

En la [tabla 1](#), se presenta un resumen de los resultados obtenidos del primer examen del curso, distribuidos por grupo y en forma general. Específicamente, se indican los resultados de calificaciones de los alumnos que utilizaron el tutor inteligente, así como los que no lo utilizaron, etiquetados como ITS y NO-ITS, respectivamente. En la [tabla 2](#), de manera similar, se muestran los resultados finales del desempeño de los estudiantes en el curso.

	Grupo-1		Grupo-2		General	
	its	no-its	its	no-its	its	no-its
Estudiantes	12	15	11	20	23	35
Cal. examen	61.38	37.10	58.41	36.14	59.89	36.62
Aprobados	50%	20%	45%	25%	47.5%	22.5%
Reprobados	50%	80%	54%	75%	52.5%	77.5%

Tabla 1. Resultado del primer examen del curso Introducción a las Matemáticas, categorizados por el grupo experimental (its) y el de control (no-its)

El desempeño que se observa en los dos grupos estudiados presenta un comportamiento muy similar en la mayoría de los puntos analizados, lo cual nos indica consistencia y certidumbre en los resultados obtenidos en la investigación. Con relación al resultado de la primera evaluación del curso, el desempeño académico de los estudiantes que utilizaron el ITS fue superior por más de 20 puntos porcentuales (considerando una escala de 0 a 100) comparado con el desempeño del grupo de control (ver renglón “Cal. examen” en la [tabla 1](#)). Adicionalmente, observamos un mayor índice de reprobación por parte de los estudiantes que no usaron el ITS; específicamente en el grupo de investigación, se logró un incremento de 25% en alumnos aprobados (ver renglón “Aprobados” y “Reprobados” en la [tabla 1](#)).

Al finalizar el curso, el comportamiento en el desempeño de los dos grupos de estudio nuevamente fue consistente, reforzando los resultados obtenidos en la primera evaluación. Con relación al desempeño académico, se observó que los estudiantes que utilizaron el ITS lograron una calificación final en el curso 15 puntos por encima de los que no usaron el tutor inteligente (ver renglón “Cal. final” en la [tabla 2](#)). Asimismo, 73.7% de los estudiantes del grupo experimental aprobaron el curso, mientras que en el grupo de control solamente 47.5% logró una calificación aprobatoria. Lo anterior indica una mejoría en el desempeño final de los estudiantes de 26.2% al utilizar el ITS (ver renglón “Aprobados” y “Reprobados” en la [tabla 2](#)). Cabe enfatizar que durante el semestre algunos de los estudiantes del grupo experimental continuaron utilizando el sistema como herramienta de apoyo.

	Grupo-1		Grupo-2		General	
	its	no-its	its	no-its	its	no-its
Estudiantes	12	15	11	20	23	35
Cal. examen	61.10	48.13	77.30	61.16	69.20	53.92
Aprobados	72.5%	35%	75%	60%	73.7%	47.5%
Reprobados	27.5%	65%	25%	40%	26.3%	52.5%

Tabla 2. Resultado final del curso Introducción a las Matemáticas, categorizados por el grupo experimental (ITS) y el de control (NO-ITS)

Aceptación en el uso del ambiente de aprendizaje

Es importante enfatizar que no todos los estudiantes que utilizaron el ITS realizaron todos los ejercicios. En la [tabla 3](#), se puede observar que aproximadamente la mitad de los estudiantes realizaron la mayoría de los ejercicios. En los registros del sistema, resultó evidente que la mayoría de los estudiantes que sólo resolvieron ejercicios de entre uno y tres subtemas –de los cinco proporcionados– obtuvieron calificaciones menores a las obtenidas por aquellos que concluyeron el proceso de nivelación académica a través del ITS.

	Grupo-1		Grupo-2		General	
	its	no-its	its	no-its	its	no-its
Estudiantes	12	15	11	20	23	35
0-3 ejercicios	5	-	8	-	13	-
4-5 ejercicios	7	-	3	-	10	-

Tabla 3. Comportamiento de uso del tutor inteligente, categorizados por el grupo experimental (its) y el de control (no-its)

Aun cuando algunos estudiantes del grupo experimental no realizaron los ejercicios de todos los temas, la experiencia de uso del tutor inteligente fue considerada como satisfactoria por parte de los investigadores. En general, en la bitácora de uso del sistema, se registró que alrededor de 50% de los estudiantes repetían el conjunto de ejercicios en al menos una ocasión para cada subtema, es decir, los estudiantes insistían hasta lograr una calificación aprobatoria. El reintentar resolver los ejercicios demostró el interés del estudiante por dominar cada temática. Es decir que el considerarse capaz de resolver los ejercicios que el tutor inteligente le asignaba se convirtió en un reto para el estudiante, inclusive se presentaron casos donde, aun cuando un estudiante lograba contestar correctamente todos los ejercicios asignados, decidía resolver más ejercicios de la misma temática.

Adicionalmente, algunos estudiantes, sin haber sido solicitado, expresaron vía correo electrónico su satisfacción de contar con el sistema. Un estudiante comentó lo siguiente: “Me agrada la idea de tener esta herramienta para poder perfeccionar nuestros conocimientos, sólo quería felicitarte por el gran trabajo con la página de ITS”. Inclusive, el estudiante nos alienta a generar nuevos contenidos: “Tengo una sugerencia, la cual sería que agregaras problemas de geometría o algunas otras materias, para también poder perfeccionar estas materias”. Lo anterior es un indicador importante sobre la aceptación del tutor inteligente.

Conclusiones

El uso de las TIC en la educación, en sus diferentes modalidades y aplicándose de manera adecuada, eleva la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje. Las TIC permiten superar las barreras del espacio y el tiempo entre docentes y alumnos, ya que los estudiantes pueden dirigir su propio aprendizaje fuera del salón y de los horarios establecidos en clase. En este modelo, el proceso de comunicación e interacción permite que exista una construcción distribuida con base en diferentes fuentes de información, donde se participa de manera activa en el desarrollo del conocimiento y hacia el logro de las metas educativas planteadas (Islas y Martínez, 2008).

Particularmente, mediante la integración de inteligencia artificial en ambientes de enseñanza basados en tecnologías de información, se ha logrado crear sistemas con un alto grado de autonomía, lo que permite tomar decisiones al momento de interactuar con el estudiante y consigue personalizar contenidos, estilos y formas de proporcionar instrucción. Asimismo, la información que estos sistemas registran en sus bitácoras de uso posibilita a docentes e investigadores identificar conocimientos y comportamientos que deben ser considerados o estudiados, tanto a nivel de un estudiante en particular como en un entorno grupal.

En el caso particular de la UABC, esta investigación ha sido, a nuestro conocimiento, la primera experiencia utilizando la tecnología de tutores inteligentes. La propuesta de este desarrollo tecnológico se formuló para aumentar el nivel de aprovechamiento de los estudiantes universitarios a través de la implementación de ciertas características que ofrecen los Sistemas de Tutoría Inteligente. Lateralmente, también se pretendió lograr varias implicaciones positivas. En el aspecto económico, se busca reducir el gasto derivado por cada estudiante que cursa alguna asignatura en más de una ocasión. En el ámbito social, es de amplio interés el evitar situaciones de frustración que viven tanto los jóvenes universitarios como los integrantes de su círculo familiar, al sentirse limitados en sus conocimientos o capacidades que les permitan obtener su formación profesional y lograr un proyecto de vida. El grupo de investigadores participantes en el presente estudio, con base en los resultados obtenidos, están convencidos del impacto que esta herramienta puede lograr en futuras generaciones de estudiantes universitarios, independientemente del dominio en que sean formados.

En general, en las dos preguntas de investigación que dirigieron nuestro estudio (¿cuál es el impacto en el desempeño educativo de los estudiantes inscritos en el curso Introducción a las Matemáticas que utilizan el tutor inteligente? y ¿cuál es el grado de aceptación y nivel de satisfacción de los estudiantes al utilizar este ambiente de aprendizaje?), se logró un resultado aceptable de acuerdo con nuestras expectativas.

En el presente estudio, obtuvimos que los estudiantes que utilizaron el ITS lograron una calificación final en el curso 15 puntos por encima de los que no usaron el tutor inteligente, así como un índice de aprobación de 73.7% en este grupo de estudiantes. Es decir, un diferencia de 26.2% en este respecto entre el grupo de control y el experimental.

Por otro lado, aun y cuando el empleo del ITS fue de forma voluntaria por parte de los estudiantes, se observó una buena participación de los mismos. Es importante enfatizar que algunos de ellos continuaron utilizando el ITS después del periodo de estudio. Con lo anterior, concluimos que la adopción del tutor inteligente propuesto en etapas tempranas de la formación universitaria demostró ser de beneficio sustancial para nuestros estudiantes.

Como trabajo futuro, se planea integrar nuevas temáticas a la base de conocimiento del ITS, así como la actualización y mejora de las ya existentes. Recientemente, la participación de docentes y alumnos de los últimos semestres del área de matemáticas, física y ciencias computacionales ha permitido identificar nuevos temas y subtemas en los cuales los estudiantes de nuevo ingreso tienen problemas; también es evidente que se deben conducir estudios más rigurosos sobre el impacto real al usar la herramienta. Adicionalmente, en la actualidad se trabaja en la implementación de un módulo de apoyo a la unidad de aprendizaje Comunicación Oral y Escrita, con el fin de atender otra de las áreas de mayor problemática entre los estudiantes universitarios de nuevo ingreso.

Finalmente, se analizará la factibilidad de que el uso de este tipo de sistemas sea de carácter obligatorio para los estudiantes de nuevo ingreso de la Facultad donde se llevó a cabo el estudio. Inclusive, se ha propuesto implementar su uso en otras unidades académicas u otras universidades; actualmente, existen solicitudes de otras unidades académicas y universidades para utilizar el sistema. Además, como resultado de este desarrollo tecnológico fue posible la creación de una red de colaboración con alcance nacional, con el fin de atender el problema del alto índice de reprobación y deserción escolar mediante el uso de tutores inteligentes.

Bibliografía

- Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) (2004). *Anuario Estadístico de la ANUIES*. Consultado en http://www.anui.es/servicios/e_educacion/docs/estadisticas_2003.htm.
- Ausubel, D. (1983). Teoría del aprendizaje significativo. *Fascículos de CEIF*.
- Bloom, B. S. (1984). The 2 sigma problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring. *Educational Researcher*, pp. 4-16.
- Fournier Viger, P., Nkambou, R. y Nguifo, E. M. (2010). Building intelligent tutoring systems for ill-defined domains. *Advances in Intelligent Tutoring Systems*, Springer Berlin Heidelberg, pp. 81-101.
- González-Pérez, J. y del Pozo, M. J. C. (2007). *Psicología de la educación para una enseñanza práctica*. España: Editorial CCS.
- Hernández Rojas, G. (1998). *Paradigmas en psicología de la educación*. México: Paidós Mexicana.
- Islas, T. C. y Martínez, E. (2008). El uso de las TIC como apoyo a las actividades docentes. *Revista RED* 204, pp. 30-35.
- Nwana, H. S. (1990). Intelligent tutoring systems: an overview. *Artificial Intelligence Review*, 4(4), pp. 251-277.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2008). *Education at a Glance 2008: Education at a Glance 2008: OECD Indicators*. Consultado en <http://www.oecd.org/edu/skills-beyond-school/educationataglance2008oecdindicators.htm>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (1998). *Plan de acción para la transformación de la Educación Superior en América Latina y el Caribe*. Consultado en <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001138/113869so.pdf>.
- Pozo, J. I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Ediciones Morata.
- Romo López, A., y Fresán Orozco, M. (2001). Los factores curriculares y académicos relacionados con el abandono y el rezago, en *Deserción, rezago y eficiencia terminal en las IES. Propuesta metodológica para su estudio*. México: ANUIES.
- Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) (2012). *Sistema inteligente para la tutoría académica*. N.p., n.d. Web. 20 Apr. 2012. Consultado en https://www.sita.uaemex.mx/tutoria/index_ok.html.
- Urban Lurain, M. (1996). *Intelligent tutoring systems: An historic review in the context of the development of artificial intelligence and educational psychology*. Consultado en <http://www.cse.msu.edu/rgroups/cse101/ITS/its.htm>.
- Woolf, B. P. (2010). *Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning*. Estados Unidos: Morgan Kaufmann.