
PROYECTO DE INVESTIGACION APOLONIO 1+: EVALUACION EXPERIMENTAL DE UNA ARQUITECTURA DE SISTEMA TUTORIAL INTELIGENTE PARA MATEMATICAS

CLAUDIA MARIA ZEA RESTREPO - MARIA DEL ROSARIO ATUESTA VENEGAS
SILVIA EUGENIA SIERRA BOTERO - GILLES IMBEAU

RESUMEN

El prototipo de arquitectura de sistema tutorial inteligente Apolonio 1+ desarrollado por el grupo I+D en informática educativa de la Universidad EAFIT en Colombia, en el cual participaron: Dr. Hernando Bedoya y Profesor León López como expertos en enseñanza de matemáticas, los ingenieros Claudia María Zea R. líder del proyecto, María del Rosario Atuesta V. líder del desarrollo, Silvia Eugenia Sierra B., Mónica Henao C., Bertha Alicia Solórzano Ch., Adriana María Morales A. y Juan David Velásquez F. en el diseño y desarrollo del sistema tutorial inteligente y la ingeniera Marta Eugenia Alvarez en el diseño y análisis de la evaluación experimental; con la asesoría internacional del Dr. Gilles Imbeau de la universidad de Quebec en Chicoutimi. Tiene como objetivo desarrollar la habilidad de solución de problemas en estudiantes de matemáticas de primer semestre, en lo referente al análisis y trazado de curvas polinomiales, teniendo en cuenta fuentes primarias de información en relación con el estudiante como lo son: las habilidades intelectuales, los conocimientos previamente adquiridos, la organización de la información, el espacio del problema y las estrategias cognoscitivas, es decir, con base en el modelamiento del estudiante desde el punto de vista psicológico y cognoscitivo. Además pretende impulsar el desarrollo de metodologías y

pedagogías, apoyadas en la planificación instruccional, la tutoría individualizada la adaptación curricular y la flexibilidad que permitan el logro de objetivos de aprendizaje al ritmo de cada estudiante incorporando tecnologías y adaptando estrategias de enseñanza-aprendizaje.

En este artículo se presenta una síntesis del proyecto de investigación a partir del diseño metodológico, haciendo un breve resumen de la arquitectura de sistema tutorial inteligente y, finalmente, un análisis de los resultados obtenidos con la experimentación.

LA INVESTIGACION

El acelerado ritmo de desarrollo de la ciencia y de la tecnología durante esta segunda mitad de siglo ha delineado disciplinas que permiten estudiar el proceso educativo desde ópticas distintas. Surgen las llamadas tecnologías de la información y de la Inteligencia Artificial, cuya resonancia social y cultural ha determinado la emisión de juicios como la baja calidad de la educación, lo poco pertinente

Grupo I+D en Informática Educativa. Universidad EAFIT.
AA 3300. Fax: (574) 2664280. Tel: (574) 3857371. e-mail:
{czea, matuesta, ssierra}@sigma.eafit.edu.co.
Medellín - Colombia

del aspecto científico-tecnológico del sistema educativo y la disfuncionalidad del proceso educativo con el mundo laboral productivo, a un número creciente de sistemas educativos.

Hace unas décadas nació lo que hoy conocemos como Instrucción inteligentemente Asistida por Computador - ICAI -, disciplina que estudia el uso, efectos y consecuencias de las tecnologías de la inteligencia artificial en el proceso educativo. Se trata de estudiar cómo estas tecnologías pueden contribuir a potenciar y expandir la mente de los aprendices de manera que sus aprendizajes sean más significativos y creativos. Postulamos que no es posible mejorar la calidad de la educación a espaldas del desarrollo de la ciencia y la tecnología ni al margen de la realidad sociocultural de cada estudiante.

La Informática ha entrado en nuestras instituciones educativas como un apoyo a la gestión administrativa pero aún no se ve claramente el apoyo al mejoramiento continuo del proceso enseñanza-aprendizaje, es decir, el aporte al cómo se aprende, cómo se conoce, y a los estilos de cómo se aprende y cómo se enseña.

Pero, ¿Cuál es la efectividad relativa de un sistema tutorial inteligente frente a la tutoría individualizada del profesor en el aprendizaje de conocimientos y desarrollo de habilidades de solución de problemas ?

A partir de este interrogante, se define como objetivo general de la investigación determinar si un sistema tutorial inteligente produce diferencias significativas en el desarrollo de la habilidad de solución de problemas y adquisición de conocimientos. Para lograr el objetivo del proyecto, se diseñó un experimento de tipo cuasiexperimental con una hipótesis nula y una hipótesis alterna, que permite hacer un análisis cualitativo y cuantitativo de los beneficios del sistema tutorial inteligente.

No es posible mejorar la calidad de la educación a espaldas del desarrollo de la ciencia y la tecnología ni al margen de la realidad sociocultural de cada estudiante.

H_0 : No existen diferencias significativas en el desarrollo de la habilidad de solución de problemas, ni en la adquisición de conocimiento de conceptos en trazado

de curvas entre los estudiantes de matemáticas de primer semestre de la Universidad EAFIT que reciben la tutoría individualizada con el sistema tutorial inteligente y aquellos que la reciben por parte del profesor.

H_1 : Si existen diferencias significativas en el desarrollo de la habilidad de solución de problemas, y en la adquisición de conocimiento de conceptos en trazado de curvas entre los estudiantes de matemáticas de primer semestre de la Universidad EAFIT que reciben la tutoría individualizada con el sistema tutorial inteligente y aquellos que la reciben por parte del profesor.

EL MODELO DE SISTEMA TUTORIAL INTELIGENTE - STI - IMPLEMENTADO

El modelo implementa una estrategia de tutoría individualizada, estrategia que se ha llevado a cabo con excelentes resultados en la Universidad, en un programa conocido como Profesor de Profesores, en el que se realiza una tutoría personalizada sin limitaciones con estudiantes de los cursos de Matemáticas de primer semestre. El modelo de arquitectura de STI está formado por los componentes que se describen a continuación.

COMPONENTE "CURRÍCULO"

El Currículo es una base de conocimientos que representa la pericia del experto en el diseño de un curso; es una representación de todo lo referente a la jerarquización de los saber-saber, de los saber-hacer y a la definición de objetivos de aprendizaje para cada nivel de desempeño. La estructura de la asignatura está organizada por objetivos y cada uno de estos objetivos se discrimina en unidades de materia (Tópicos de enseñanza) y unidades de enseñanza (Lecciones o subtemas). Para cada unidad de materia se definen un nivel de desempeño y una fase de aprendizaje a donde debe llegar el estudiante de acuerdo con los niveles y fases especificados en el modelo pedagógico. Para este caso en particular se implementó una escala de niveles y fases mediante una combinación de los modelos de Bruner, Gagné y Bloom. Adicionalmente, se definen las unidades de enseñanza agrupadas en cada unidad de materia y, para cada una de ellas, se definen los objetivos previos que deben estar logrados con anterioridad a dicha unidad de enseñanza.

COMPONENTE "MODELO DEL ESTUDIANTE"

El modelo de cada estudiante es otra base de conocimientos que cubre diferentes aspectos cognoscitivos referentes a aprendizajes, como: objetivos previos logrados, objetivos cursados con el nivel logrado, fecha de cada logro y número de veces que se ha intentado lograr un objetivo entre otros. La información almacenada en esta base de conocimientos es accedida por el currículo con el fin de determinar las unidades de materia y las unidades de enseñanza aún no trabajadas por el alumno o aquellas donde aún no se ha llegado al nivel de desempeño esperado y se define la lista de objetivos sobre la cual, el componente planificador elabora un plan de instrucción, y por el tutor, para informar al planificador sobre la necesidad de efectuar un proceso de replanificación. Toda la información contenida en la base de conocimientos es actualizada permanentemente, según las funciones de actualización definidas en el modelo matemático.

COMPONENTE "PLANIFICADOR"

El planificador es el componente encargado de establecer el plan de actividades a partir de la lista de objetivos seleccionada por el currículo; el planificador procede a determinar las actividades por desarrollar y por cada una de estas actividades determina los eventos de instrucción asociados que son, en última instancia, los que van a cumplir con las fases descritas en el modelo pedagógico. Este plan de instrucción (conjunto de eventos de instrucción) es administrado por el componente tutor, quien lo ejecuta con el estudiante a través de la interfaz. El planificador, en conjunto con el tutor, revisa constantemente el plan de trabajo, para determinar si éste está acorde con las capacidades cognoscitivas del estudiante.

COMPONENTE "TUTOR"

Este componente, a partir de los eventos de instrucción suministrados por el planificador, está dedicado principalmente a: Observar las acciones del estudiante, realizar las intervenciones apropiadas y producir una evaluación acorde con el conocimiento que el sistema posee de las posibles soluciones al evento de instrucción dado al alumno. La vigilancia que el tutor realiza permite al STI guiar al estudiante y, a partir de esta evaluación, actualizar el modelo cognoscitivo que se tiene del estudiante. Para que el tutor pueda realizar sus tareas, se apoya en otros dos componentes, el Dominio y la Interfaz.

COMPONENTE "DOMINIO"

El componente dominio es el que le da al STI el conocimiento de la asignatura; es el componente que tiene almacenado el conocimiento del experto en la solución de problemas del tema y todas las definiciones y conceptos relativos a alguno de los temas que puede necesitar el estudiante en cualquier momento. El tutor se apoya en este componente para desarrollar sus tareas y para mostrar al estudiante conceptos, definiciones y ejemplos propios de la asignatura.

COMPONENTE "INTERFAZ"

Este componente es el que permite la interacción entre el STI y el estudiante; es un conjunto de herramientas que se encuentran a disposición del tutor y del estudiante, con las cuales se logra la ejecución del plan de trabajo trazado para el alumno. El estudiante utiliza la interfaz para comunicar al STI sus interrogantes y para responder a los diferentes eventos de instrucción. El tutor utiliza la interfaz para presentar al estudiante los eventos de instrucción que han sido determinados de acuerdo con sus inquietudes, para obtener respuestas del estudiante a los eventos y para intervenir cuando sea necesario.

La Informática ha entrado en nuestras instituciones educativas como un apoyo a la gestión administrativa pero aún no se ve claramente el apoyo al mejoramiento continuo del proceso enseñanza-aprendizaje, es decir, el aporte al cómo se aprende, cómo se conoce, y a los estilos de cómo se aprende y cómo se enseña.

LA EVALUACION EXPERIMENTAL

De acuerdo con el diseño experimental que se plantea para el proyecto, fueron seleccionados cuarenta estudiantes de primer semestre de Ingeniería, quienes formaron la muestra y fueron asignados aleatoriamente a los grupos experimental y de control. Antes de proceder al análisis de los resultados se constató que

los estudiantes realmente asistieran al trabajo con el computador o con el profesor, según el caso y hubieran presentado todas las pruebas aplicadas.

Durante la primera semana del primer semestre de 1993, antes de iniciar el tratamiento experimental (tutoría individualizada con el sistema tutorial inteligente - Apolonio 1+) y para verificar la homogeneidad entre los grupos experimental y de control, ambos grupos fueron sometidos a un pretest que consta de dos partes: una primera en conocimientos en análisis y trazado de curvas polinomiales, y una segunda en solución de problemas en análisis y trazado de curvas. Esta prueba fue calificada en una escala de 1 a 50, y los resultados en ambas variables, adquisición de conocimientos y solución de problemas, dejan claramente establecido que el efecto de homogenización pretendido con la asignación aleatoria a los grupos experimental y control se logra satisfactoriamente.

Durante la última semana de clases del semestre mencionado, después de aplicar el tratamiento experimental (tutoría individualizada con el sistema tutorial inteligente - Apolonio 1+), ambos grupos fueron sometidos a un postest igual al pretest y que fue calificado también en una escala de 1 a 50.

Cuadro No. 1
Resultados de ganancia en conocimientos

	Grupo Experimental	Grupo de Control
Media	21.2500	14.0000
Desviación estándar	9.9835	9.4032
N	20	20
Diferencia	7.2500	
Diferencia de error estándar	3.0667	
t	2.3641	
Grados de libertad	38	
Probabilidad	0.0116	

Los datos obtenidos a partir del pretest y del postest para los grupos de control y experimental fueron sometidos a contrastación estadística mediante la aplicación de la *t* de Student, con un nivel de significación $\alpha = 0.05$, prueba bilateral y 40 grados de libertad; de acuerdo con esto el valor teórico es 1.684 y la zona de rechazo es de: $t \leq -1.684$ ó $t \geq 1.684$. En el cuadro No.1 se presentan los

resultados de la ganancia de conocimientos de ambos grupos; estos datos revelan una ganancia mucho mayor del grupo experimental: $t=2.3641$, $p < 0.0116$.

Los datos de la ganancia en solución de problemas se muestran en el cuadro No.2; estos datos revelan una ganancia mucho mayor del grupo experimental: $t= 3.8137$, $p < 2.444E-04$.

Cuadro No. 2
Resultados de ganancia en solución de problemas

	Grupo Experimental	Grupo de Control
Media	32.6	20.8
Desviación estándar	8.9584	10.5461
N	20	20
Diferencia	11.8000	
Diferencia de error estándar	3.0941	
t	3.8137	
Grados de libertad	38	
Probabilidad	2.444 E-04	

Adicionalmente a los datos recogidos con los instrumentos, se llevó a cabo un seguimiento de los estudiantes de acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas que ellos iban presentando con relación al tema de análisis y trazado de curvas, pretest y postest. Los resultados del experimento en ambas variables se ajustan a la hipótesis que postula un mayor incremento a favor del grupo experimental.

El modelo implementa una estrategia de tutoría individualizada, estrategia que se ha llevado a cabo con excelentes resultados en la Universidad, en un programa conocido como Profesor de Profesores, en el que se realiza una tutoría personalizada sin limitaciones con estudiantes de los cursos de Matemáticas de primer semestre.

Con base en los resultados obtenidos durante el experimento se puede decir que la hipótesis fue rechazada en lo pertinente a las variables

dependientes de adquisición de conocimientos y de desarrollo de la habilidad de solución de problemas. En cuanto nivel de adquisición de conocimientos y de desarrollo de la habilidad de la solución de problemas, el grupo experimental superó al grupo de control, destacando las posibilidades que ofrece la instrucción inteligentemente asistida por computador, representada en los sistemas tutoriales inteligentes.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos para las variables adquisición de conocimientos y habilidad de solución de problemas confirman que el prototipo de sistema tutorial inteligente privilegia el aprendizaje, lo cual coincide con los planteamientos de Bruner, quien sostiene que el aprendizaje por descubrimiento es un desafío a la inteligencia del aprendiz porque lo impulsa a solucionar problemas.

El sistema tutorial inteligente permite hacer un manejo muy dinámico del espacio del problema, porque puede generar un ambiente de trabajo con un micromundo de aprendizaje que cuente con todas las herramientas que necesita el estudiante en cada momento.

La solución de problemas requiere habilidades intelectuales y procesos de pensamiento como los tomados en cuenta al hacer la combinación de Bruner, Gagné y Bloom, o sea, la conceptualización, la aplicación, el análisis, la síntesis y la evaluación, en la creación del currículo que realizará cada estudiante novato para convertirse en un experto y que, posteriormente se evaluó de acuerdo con todas las actividades de aprendizaje. Los modelos pedagógicos fueron acertados pero deben aumentarse las bases de conocimientos en lo referente a ejemplos, ejercicios resueltos y ejercicios propuestos.

El sistema tutorial inteligente permite hacer un manejo muy dinámico del espacio del problema, porque puede generar un ambiente de trabajo con un micromundo de aprendizaje que cuente con todas las herramientas que necesita el estudiante en cada momento.

El aprendizaje no se logra enfrentando al estudiante con la solución de un problema con un mínimo de instrucciones y conocimiento de reglas previas; es necesario que ellos conozcan también las reglas subordinadas y que tengan una dirección. Siempre debe existir una secuencia de aprendizaje que se extienda desde los conocimientos previamente adquiridos hasta plantearse problemas que estén más allá de sus capacidades en cuanto a que lo obliguen a encontrar o aplicar otras reglas para llegar a la solución final (planificación).

La realización de la secuencia también debe ser supervisada de tal forma que el estudiante pueda volver si es necesario a la senda correcta en forma oportuna (tutoría).

Con base en los resultados, se puede afirmar que la arquitectura diseñada para el sistema tutorial inteligente es válida, en cuanto que permite a los estudiantes lograr una mayor adquisición de conocimientos y desarrollar una mayor habilidad de solución de problemas en análisis y trazado de curvas polinomiales.

Para la realización de investigaciones alrededor de la modelación y realización de sistemas tutoriales inteligentes, como un aporte metodológico y tecnológico, es necesario crear grupos interdisciplinarios, que integren áreas tales como: la educación, la informática, la psicología cognoscitiva y el área específica del conocimiento en el cual se quiera desarrollar el sistema tutorial, y los fundamentos matemáticos y filosóficos que sustentan la inteligencia artificial y la informática en general.

BIBLIOGRAFIA

- Atuesta V., María del Rosario. El Currículo en un Sistema Tutorial Inteligente. Ponencia presentada en el IX Encuentro Nacional de Informática Universitaria. Bucaramanga, Julio de 1992.
- Atuesta V., María del Rosario y otros. Reportes Técnicos Proyecto de investigación Apolonio1 +. Medellín. Universidad EAFIT, 1993.
- Imbeau, Gilles. Modelación y Realización de Sistemas Tutoriales Inteligentes. Montréal, 1990. 211p: (Tesis de doctorado en informática). Universidad de Montréal. Facultad de Artes y Ciencias.
- Imbeau, Gilles. Wordtutor: An Intelligent Tutoring system for Teaching Word Processing. Universidad de Quebec en Chicoutimi. 1990

Sierra B., Silvia Eugenia. Experiencias en el Desarrollo de un Sistema Tutorial Inteligente. Ponencia presentada en el Congreso Iberoamericano de Informática Educativa. Santo Domingo República Dominicana, junio de 1992.

Sierra B. Silvia Eugenia. Informe Final de Tesis Modelo de un planificador instruccional Inteligente. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Magister en Ingeniería de Sistemas, 1994

Velásquez F. Juan David. Informe Final de semestre de practica: El Componente de Comunicación en los Sistemas Tutoriales Inteligentes. Caso Apolonio 1+. Medellín: Universidad EAFIT, Ingeniería de Sistemas., 1991, 56p .

Zea R. Claudia María. y Solorzano CH. Bertha Alicia. APOLONIO 1+: Sistema Tutorial Inteligente para la Solución de Problemas en Matemáticas, en Revista Universidad EAFIT, No. 83 1991.

Zea R. Claudia María. Informe Final de Tesis Enseñanza Inteligentemente Asistida por Computador: Evaluación Experimental de un Prototipo de Sistema Tutorial Inteligente. Medellín: Universidad de Antioquia, Magister en Educación. 1994.

Zea R. Claudia María, Atuesta Maria del Rosario y Sierra Silvia Eugenia. Informe Final de Investigación: Proyecto Apolonio 1+. Medellín: Universidad EAFIT, 1993.