



## Tutor Cognitivo y el incremento de aprendizaje en matemática

Maynor **Jiménez** Castro  
Universidad de Costa Rica  
Costa Rica  
[maynorj@gmail.com](mailto:maynorj@gmail.com)

Eric **Salas** Cárdenas  
Universidad de Costa Rica  
Costa Rica  
[salascardenas@yahoo.com](mailto:salascardenas@yahoo.com)

Amy **Ogan**  
Carnegie Mellon University  
Estados Unidos  
[aeo@andrew.cmu.edu](mailto:aeo@andrew.cmu.edu)

Ryan S.J.d. **Baker**  
Worcester Polytechnic Institute  
Estados Unidos  
[rsbaker@wpi.edu](mailto:rsbaker@wpi.edu)

### Resumen

El uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC) en la educación es una actividad que se viene realizando desde hace mucho tiempo, sin embargo, las más recientes discusiones sobre su efectividad vienen a plantear novedosas herramientas que incorporan técnicas de inteligencia artificial para atender de mejor manera las necesidades individuales de aprendizaje de los estudiantes.

En este sentido, se describen algunos resultados de un proyecto de investigación desarrollado en Costa Rica, donde se ha utilizado un Tutor Cognitivo (TC), para determinar el incremento de aprendizaje experimentado por los estudiantes de octavo y noveno año de un Colegio Público, en el tema de Creación e Interpretación de Diagramas de Dispersión y Gráficos de Barras. Este proyecto piloto fue desarrollado en conjunto con la Carnegie Mellon University, el Worcester Polytechnic Institute y la Universidad de Costa Rica en la zona de Pococí en la región Caribe de Costa Rica.

*Palabras clave:* Tutores Inteligentes, tecnología, educación, matemática, tutor cognitivo.

### Introducción

Desde hace varias décadas se comenzó a especular sobre el impacto que la revolución de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) podría tener en la educación en todos sus niveles. Esa especulación se ha convertido en los últimos años, especialmente a

partir del desarrollo WEB en un gran movimiento que está transformando la educación en muchos lugares del mundo desarrollado.

A pesar de esto, algunas predicciones sobre los grandes beneficios del uso de las TIC en educación, no se han cumplido. Según (EDUTEKA, 2007, parra. 3); “*la revolución de las TIC permitiría a los países en desarrollo mejorar sus sistemas educativos a pasos agigantados, hasta alcanzar a los de los países ricos*”. Sin embargo, lo que se ha detectado, según se menciona en este mismo portal, es un aumento en la brecha educativa entre la escuela latinoamericana y la de los países del mundo desarrollado.

Esta situación no debe ser un elemento que desmotive y desacelere la inversión de TIC en la educación, por el contrario, es un llamado a unir esfuerzos en la búsqueda de mejores condiciones de infraestructura, pero además, de nuevas y mejores formas de incorporar la tecnología en el campo educativo.

El Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI, hace hincapié en “la importancia del intercambio de docentes y de la asociación entre instituciones de diferentes países, que aportan un valor añadido indispensable a la calidad de la educación” (Delors, 1997, p. 37). Propone, como pauta, ayudar a los países a realzar la dimensión internacional de la enseñanza y la difusión de las tecnologías de la información, así como el intercambio de estudiantes, docentes y de investigadores.

En este ámbito, la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI de la UNESCO referida en Delors (1997, p. 38), recomienda sobre el desarrollo de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, una serie de acciones en las que destaca:

- “La diversificación y el mejoramiento de la enseñanza a distancia gracias al uso de las nuevas tecnologías;
- El fortalecimiento de las infraestructuras y las capacidades de cada país en lo concerniente al uso instrumental de las tecnologías, como condiciones previas a su uso en el marco de los sistemas educativos formales
- La puesta en marcha de programas de difusión de las nuevas tecnologías.”

En atención a estos planteamientos, el sistema educativo costarricense viene desarrollando una serie de acciones que datan de más de 20 años, que posibilitan a través de la experiencia acumulada, una reflexión constante y un interés por investigar y promover nuevas formas de aplicación de las tecnologías digitales en el campo de la educación. En este sentido, a través de una iniciativa interuniversitaria en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica, se ha analizado, el impacto de las TIC generado en instituciones educativas con la infraestructura tecnológica adecuada aplicado en los procesos de enseñanza de la matemática en la zona.

A partir de este análisis, en este artículo se comentan los resultados de dicha iniciativa de investigación-acción y se describe un proyecto piloto implementado conjuntamente entre la Universidad de Costa Rica, la Carnegie Mellon University y el Worcester Polytechnic Institute, para determinar el comportamiento de los estudiantes en la utilización del Tutor Cognitivo en un tema de estadística muy importante, como lo es la “creación e interpretación de diagramas de dispersión y gráficos de barras”. Para ello, se trabajó con 90 estudiantes de octavo y noveno año del Colegio Académico de Jiménez; institución educativa pública de la zona rural, ubicada en distrito Jiménez del cantón de Pococí en Limón.

### **Antecedentes**

Desde hace más de 20 años, las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) se han venido incorporando en el campo educativo de la primaria y secundaria costarricense,

convirtiéndose Costa Rica en el año 1988, en el primer país de América Latina y El Caribe en definir una política de uso de las TIC en las escuelas (Redal, 2005). Para ese entonces el uso de las TIC en las escuelas costarricenses, correspondía a un abordaje constructivista fundamentado en la utilización del lenguaje Logo y el enfoque de desarrollo por proyectos, lo cual ha sido promovido principalmente por la Fundación Omar Dengo (FOD), quien a través del Programa Nacional de Informática Educativa (PRONIE), han liderado las políticas de uso de las TIC en el sector educativo costarricense. En este contexto, la informática educativa no solo se afianzó en el sistema escolar, sino que se ha asumido como una asignatura más dentro de la educación secundaria y se le asignan dos lecciones para su atención con los estudiantes.

Más recientemente, el Programa de Mejoramiento de la Calidad de la Educación Preescolar y General Básica (PROMECE), vino a promover ciertos cambios en muchos centros educativos de secundaria, ya que la dotación de alta tecnología a los centros educativos con el enfoque de “laboratorios de cómputo” había sido superado y era insuficiente para generar cambios significativos en el mejoramiento de la calidad de la educación.

Según el Programa Sociedad de la Información y el Conocimiento (PROSIC) en su informe del año 2007, el modelo de uso ideal de la tecnología en el sistema educativo consiste en la utilización de la, “tecnología en el aula y laboratorios de cómputo para el trabajo extraclase de docentes y estudiantes” (PROSIC, 2008, p. 226 ), así, materias fundamentales como la matemática, podrán contar con el apoyo de tecnologías digitales en el aula, permitiendo al estudiante comprender mejor los conceptos, aprender a su propio ritmo, desarrollar su creatividad e iniciativa y tener otro tipo de experiencia de aprendizaje más cerca al juego. Vale la pena indicar, que mientras el ambiente de trabajo con tecnología se desarrolló en el laboratorio de cómputo, las sesiones de aprendizaje se enfocaron más en el desarrollo de proyectos y no en el aprendizaje de una materia particular.

El esquema pedagógico y metodológico en este nuevo proyecto varió significativamente, y esta vez, llevó las computadoras al aula de las materias básicas, proporcionando computadoras portátiles y redes inalámbricas para que tanto docentes como estudiantes pudieran desarrollar sus lecciones sin limitaciones tecnológicas y con la asistencia de la computadora.

En el año 2004 PROMECE incorporó al Departamento de Educación Académica, con dotación de equipo y de capacitación misma que compartió con los directores, docentes y alumnos de las instituciones beneficiarias. A partir de aquí y hasta el año 2006, el personal del Departamento de Educación Académica, acompañado por el comité de Innovación Institucional (CII), participó en reuniones, concentraciones, capacitaciones y encuentros entre directores y docentes, con el propósito de concretar una serie de acciones que procuraran el uso óptimo de los recursos asignados y de las herramientas didácticas para el mejoramiento de la calidad de la educación.

A pesar de que en la Región Educativa de Guápiles, existen cinco centros educativos de secundaria con una infraestructura tecnológica adecuada (Laboratorio móvil de entre 10 a 20 computadoras portátiles, kit de microscopios, proyectores, pizarras electrónicas y software específico entre ellos, Micromundos Ex, Create togheter, FISILAB, Tell Me More, NoteWorthy Composer, Geómetra Scketchpad, Macromedia, programas de Office, y otros) no obstante, no se visualizan cambios significativos en el mejoramiento de la calidad de la educación matemática, todo lo contrario: los índices de rendimiento académico en la zona, están por debajo del promedio nacional y los índices de deserción escolar han aumentado en los últimos tiempos hasta alcanzar un 7,01% en el primer semestre del año 2010, siendo

Guápiles una de las cuatro regiones educativas con más deserción escolar, según los datos oficiales del Ministerio de Educación Pública.

Esta situación hace particularmente importante estudiar el efecto que han tenido las TIC y en particular las tecnologías digitales en el sector educativo de la Dirección Regional Educativa de Guápiles (Pococí y Guácimo), específicamente en el ámbito de la educación matemática en secundaria. Considerando que en este sector se ha realizado una fuerte inversión tecnológica y de capacitación docente por parte del Estado y de otras organizaciones no gubernamentales, conviene valorar el esfuerzo económico y social que ha tenido dicha inversión en la enseñanza de la matemática y su efecto en los índices de rendimiento académico. Igualmente, promueve nuevas formas de aprendizaje a través de las tecnologías digitales y en particular con el uso de Sistemas Tutores Inteligentes.

### **Tecnologías digitales en la enseñanza de la Matemática**

En el año 2008, la Universidad de Costa Rica y el Instituto Tecnológico de Costa Rica realizó un diagnóstico para determinar el grado de uso de las tecnologías en los procesos de enseñanza de la matemática de la zona de Guápiles, para tal fin se entrevistaron a 12 docentes de matemática, 5 directores institucionales y 384 estudiantes del tercer ciclo de la Educación General Básica. A partir de este análisis, se encontró un grupo de docentes jóvenes; el 75% de ellos cuenta entre los 21 y 30 años, con una formación docente de Bachillerato en la Enseñanza de la Matemática (85% de los docentes encuestados, tiene grado mínimo de Bachillerato en la Enseñanza), con computadora portátil, acceso a internet, teléfono celular y demás recursos tecnológicos que permiten caracterizar a este grupo como adecuadamente dotado de tecnología para desarrollar su labor docente.

El estudio también determinó que los docentes de matemática han tenido poca capacitación en el uso de tecnología para apoyar su labor, y que la capacitación recibida ha sido esporádica y desarticulada. Igualmente, los docentes están inconformes con las capacitaciones que de alguna manera el Ministerio de Educación Pública (MEP) les ha brindado, pues si bien es cierto que las mismas han servido para apoyar los procesos didácticos en la enseñanza de la matemática, su desarrollo no ha trascendido el manejo instrumental de las herramientas. No se les enseña a utilizarlas para mejorar el proceso de enseñanza con los estudiantes, ni se ha logrado un producto concreto que pueda utilizarse en el aula. Además, mencionan que las capacitaciones brindadas, se realizan de forma desarticulada y sin un seguimiento ni orden adecuado.

A pesar de esta situación, todos los docentes reconocen la importancia de utilizar las tecnologías digitales en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la matemática, aunque solo el 8% de ellos confiesan haberla utilizado en sus clases.

Este panorama, permitió plantear un proceso de capacitación y acompañamiento en el uso y desarrollo de tecnologías digitales que facilitara su incorporación en los procesos de enseñanza de la matemática. A partir del año 2008, con el apoyo del Programa de Regionalización Interuniversitaria en la Región Huetar Atlántica, inicia un proceso de capacitación docente de más de 400 horas, especialmente dirigido a fortalecer el conocimiento y uso de herramientas como: Geogebra, Geómetra Skechtpad, Cabri 3D, animaciones y creación multimedia para la WEB, etc, dando como resultado el desarrollo de varias sesiones de aprendizaje en temas del currículo, principalmente de la EGB.

Con este proceso de capacitación, la madurez tecnológica de los docentes ha sido notable y ha generado nuevos procesos de formación profesional a través de entornos virtuales de aprendizaje a distancia. Sin embargo, la utilización de las herramientas digitales

en la enseñanza matemática, no ha sido comprobada científicamente, aunque se presume, una utilización mínima en el salón de clase.

### **El Tutor Cognitivo en el contexto de la Educación Estadounidense**

El Tutor Cognitivo (TC) (Koedinger y Corbett, 2006), se origina en los departamentos de psicología y ciencias de la computación de la Universidad de Carnegie Mellon (CMU), a través de varios años de estudio y el desarrollo de una teoría cognitiva propuesta por John Robert Anderson, llamada ACT-R (Adaptive Control of Thought—Rational) (Anderson, 1993) en español *Control Adaptativo de Pensamiento Racional*. ACT-R es una arquitectura que analiza la cognición en partes mínimas o atómicas que luego integra para modelar los procesos más complejos.

En términos sencillos el TC se basa en la frase de *divide y vencerás*, ya que cada problema presentado en el tutor está debidamente subdividido en pequeñas tareas que permiten ser evaluadas dentro del sistema. En el momento en que estas pequeñas tareas son dominadas, con base en ese conocimiento atómico, se puede construir la solución del problema en cuestión. Sin embargo, no es suficiente conocer los componentes de conocimiento sino que se necesita saber los métodos que utilizan los estudiantes para completar una tarea. Este conocimiento fáctico está debidamente estudiado por los creadores del TC a través de un sinnúmero de registros y estadísticas recogidas en muchas instituciones educativas donde se trabaja con el TC.

Esta herramienta está siendo utilizada en los Estados Unidos en más de 2 500 escuelas con aproximadamente, 500 000 estudiantes, distribuidos por todo el país. Según estudios realizados por Carnegie Learning y la información aportada por el Departamento de Educación de los Estados Unidos, se ha reconocido una gran efectividad del Tutor comparado con otros enfoques de instrucción matemática. Los resultados han sido muy satisfactorios y se ha logrado incrementar el rendimiento académico en más de un 85%. De acuerdo con Ritter, S y John R, Anderson (2007), dos grupos de estudiantes fueron evaluados en pruebas estandarizadas y pruebas basadas en resolución de problemas, un grupo utilizaba el TC y otro no. Los resultados indicaron que en las pruebas estandarizadas los estudiantes que utilizaron el TC sobrepasaron a los estudiantes sin TC en aproximadamente 0.3 desviaciones estándar. La diferencia en el rendimiento en pruebas de resolución de problemas y representación múltiples, indicó una marcada diferencia de entre 0.7 y 1.2 desviaciones estándar. El TC se basa en el enfoque de resolución de problemas como recurso principal en la enseñanza-aprendizaje de la matemática. Este paradigma permite que el estudiante pueda reconocer en su medio, aplicaciones de la matemática que le sean más familiares y por ende su aprendizaje le resulta más efectivo.

El TC no solo es un Sistema Tutor Inteligente que se aplica en algunas instituciones de los Estados Unidos; es un paradigma integral de aprendizaje, en donde el 60% del tiempo se trabaja en el salón de clases con materiales escritos y dirigidos por el profesor, mientras que el 40% del tiempo, se dedica al trabajo e interacción con el TC versión electrónica.

### **El Tutor Cognitivo y su aplicación en Costa Rica**

Según lo expresa Sunkel citado por De Saint Pierre, (2010, p. 58), Costa Rica es uno de los cuatro países latinoamericanos que se encuentran más avanzados en cuanto a la incorporación de las tecnologías digitales en la educación, sin embargo, no se tiene información documentada, del uso - al menos experimental -, de sistemas tutores inteligentes (STI) en la educación. Los STI son herramientas que han demostrado gran efectividad en el proceso de aprendizaje de los estudiantes en un dominio de conocimiento

particular, lo cual, ha motivado la investigación, para hacer frente a la problemática de aprendizaje de la matemática en la región educativa de Guápiles.

El estudio fue realizado en un Colegio Académico rural de Costa Rica y efectuado por investigadores de la Universidad Costa Rica, la Universidad de Carnegie Mellon y el Worcester Polytechnic Institute. En esta investigación se trabajó con 90 estudiantes de octavo y noveno año (con edades de 14 a 17 años) en el mes de diciembre, justamente cuando terminaba el ciclo lectivo 2010. De la misma manera, se contó con el apoyo de dos profesores de matemática de los niveles abordados, los cuales brindaron un apoyo fundamental para el estudio y se utilizaron dos laboratorios de cómputo, cada uno con 20 estaciones de trabajo. El objetivo de la investigación fue analizar la efectividad del TC en el aprendizaje de la unidad didáctica del tema estadístico de Creación e Interpretación de Diagramas de Dispersión y Gráficos de Barras, y el comportamiento de los estudiantes ante este tipo de tecnología.

Estos sistemas permiten a los estudiantes trabajar a su propio ritmo, dándole al profesor la posibilidad de monitorear a los estudiantes más de cerca, y ayudar a aquellos que tienen más dificultades con el aprendizaje de la materia. Sin embargo, algunos estudiantes tienden a “jugar” (en el sentido de hacer trampa o lo llamado localmente “batear”, es decir dar respuesta o “click” sin cuestionar lo que se hace) con el sistema (Baker, R., Corbett, A., Koedinger, K., Wagner, A., 2004), por ejemplo, adivinando al azar la respuesta correcta, contestado varias veces para descartar y dar con la respuesta correcta, antes de pedir ayuda al sistema. Este tipo de comportamiento hace que los estudiantes no aprovechen bien el Tutor y no aprendan bien la materia (Baker et al., 2004).

### Metodología del estudio

En la unidad del TC llamada “Creando e Interpretando Diagramas de Dispersión”, (Baker, R., Corbett, A., Koedinger, K., Evenson, E., Roll, I., Wagner, A., Naim, M., Raspat, J., Baker, D., Beck, J., 2006) los estudiantes realizan conjeturas y aprenden sobre tipos de variables y su idoneidad para utilizarlas en diagramas de dispersión o gráficos de barras. Para ello, el estudiante cuenta con una herramienta (ver Figura 1) que le permite crear e interpretar diagramas de dispersión y gráficos de barras, así como también, definir escalas y etiquetar ejes.

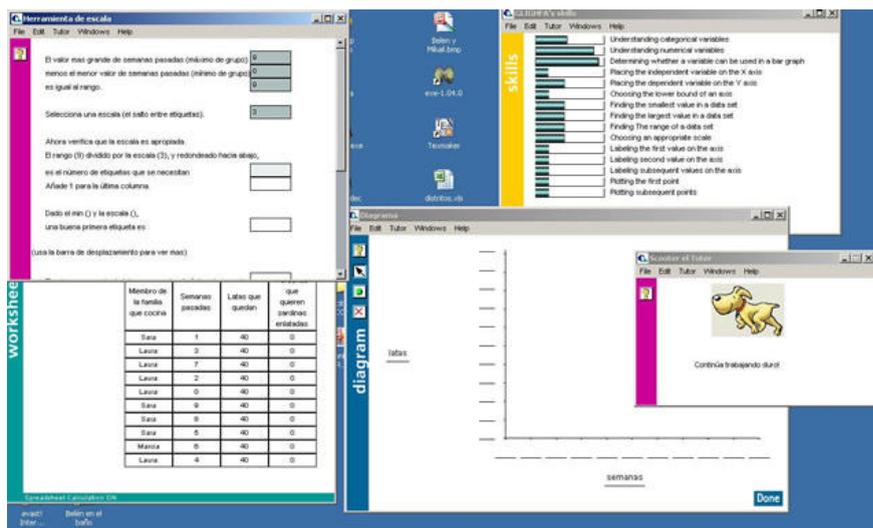


Figura 1. Interfaz gráfica del TC en la presentación de una problemática

El software que se utilizará, sumerge al estudiante en la resolución de problemas que involucran trabajo con gráficos y hojas de cálculo, con la ayuda de pistas y retroalimentación del computador. Mientras el estudiante está trabajando, el TC le ayuda e informa sobre cuáles

respuestas están correctas o incorrectas y por qué. Así mismo, el TC monitorea el progreso de las habilidades cognitivas necesarias para responder a cada problema y muestra en pantalla el progreso para que el profesor y el estudiante puedan ver su grado de avance, a través de un evaluador de habilidades.

El conocimiento básico necesario para usar el Tutor (que no lo enseña el tutor) incluye los siguientes conceptos:

- Menos que, más que, igual a, el valor máximo de una serie, el valor mínimo de una serie, adición, sustracción, división, redondeo y números redondos.

El vocabulario necesario para comprender los diagramas de dispersión:

- Variable, eje x, eje y, familiaridad con tablas y diagramas.

Los estudiantes aprenderán los siguientes conceptos:

- Variable categórica, variable numérica, etiquetar los ejes, definir rango, escala, colocar los puntos, interpolación, extrapolación, valores atípicos y comparación entre diagramas.

Los conocimientos previos son trabajados por el docente de matemática, para repasar los conceptos o bien para dar explicación sobre ellos en caso de que los estudiantes no hayan tenido la oportunidad de ver el tema en el transcurso del año lectivo.

### **Procedimiento de la Investigación**

Las actividades de los estudiantes realizada durante la investigación, estuvieron programadas de la siguiente manera:

1. Los estudiantes responden a una encuesta sobre motivaciones e intereses en la matemática y la tecnología educativa y acto seguido,
2. Se aplica un “test” en el que el estudiante resuelve una problemática, para crear o interpretar un diagrama de dispersión, por un espacio no superior a los 25 minutos. Actividad que se muestra en la Figura 2.



*Figura 2:* Estudiantes resolviendo un problema en el “pre-test”

3. Seguidamente el docente brinda una explicación conceptual, por espacio de 20 minutos, sobre diagramas de dispersión y gráficos de barras. El docente tiene la libertad de utilizar cualquier recurso didáctico para brindar la instrucción. En este caso, la Figura 3 muestra al docente realizando su sesión magistral ante los estudiantes.



Figura 3. El profesor de matemática brindando la clase conceptual del tema

4. Posteriormente a esta fase de explicación conceptual, sigue la utilización del TC por un periodo de 80 minutos (dos clases de matemática). En este proceso, el docente explica y atiende las preguntas de los estudiantes, sin ofrecer respuestas directas y los estudiantes interactúan con el Tutor para resolver las situaciones de aprendizaje que plantea la unidad. En la Figura 4, se muestra la actividad estudiantil y la forma en que colaboran entre sí para resolver adecuadamente las problemáticas planteadas.



Figura 4. Estudiantes trabajando con el TC en el tema de estadística

5. Por último, los estudiantes realizan una prueba (“post-test”) para responder manualmente a una problemática de creación e interpretación de diagramas de dispersión, según lo tratado en el TC. Este proceso tienen una duración de 25 minutos.

Cabe indicar que el estudio así desarrollado, tiene una duración aproximada de 3 horas por grupo de trabajo y la aplicación de entrevistas grupales por espacio de una hora adicional, pero en el día siguiente al trabajo con el TC.

## Resultados Obtenidos

La actividad del estudiante, medida en términos del conocimiento mostrado con el análisis de los resultados del “Pre-test” y el conocimiento mostrado en la resolución de problemas en el “Post-test”, es lo que llamaremos, la “ganancia” o incremento de aprendizaje.

La ganancia o incremento de aprendizaje que mostraron los 90 estudiantes del estudio, revelan que el aprendizaje en la creación e interpretación de diagramas de dispersión y gráfico de barras, alcanzó en algunos casos el 47% y en otros el 28%, pasando de un 34% en el pre-test (con desviación estándar del 29%) a un 81% en el post-test (con desviación estándar del 25%), en el aprendizaje de los conceptos asociados al tema. Este crecimiento de conocimiento es mucho mayor que el crecimiento de aprendizaje obtenido con el mismo Tutor en los Estados Unidos (Baker, et al., 2006), en donde los estudiantes pasaron del 40% en el pre-test a un 71% en el post-test.

Igualmente, el estudio determinó que los estudiantes entrevistados expresaron una valoración muy positiva del uso de esta tecnología en la enseñanza de la matemática. Específicamente en el trabajo con el TC, el estudiante pudo observar cómo las barras de dominio de destrezas decrecían o crecían, según se cometiera errores o no, calificando al TC, más como un juego que como un libro de texto o un profesor. De la misma manera, el estudiante entrevistado apunta que es más fácil aprender matemáticas utilizando tecnología, que de la manera tradicional; que “las clases son más divertidas y los estudiantes le ponen más atención a la compu”, pues de esta manera el estudiante no debe escribir.

En la observación del comportamiento de los estudiantes con el Sistema, se confirmó el trabajo colaborativo, en donde los estudiantes contiguos regularmente comentaban y compartían información para interactuar y resolver los problemas planteados por el Tutor. Situación muy distinta a lo sucedido en el ambiente educativo de los Estados Unidos, donde lo común, es el trabajo individual y su empeño en avanzar en la resolución de problemas. Asimismo, los estudiantes que contaron con la ayuda del agente inteligente “Scooter”, un perrito, que guiaba al estudiante en situaciones de descontrol, valoraron positivamente sus intervenciones y ayudaron a identificar soluciones correctas a los problemas. Además, la mayoría de estudiantes consideraba Scooter como amigable y reconocía en él su “inteligencia”.

## Conclusiones

En este artículo se ha descrito cómo se ha venido introduciendo las tecnologías digitales en los ambientes educativos costarricenses, pero sobre todo de qué manera podemos hacer un uso más efectivo de ella. Por esta razón, se describió los procesos de capacitación docente que se realiza en la zona rural y los proyectos implementados para mejorar la calidad de la educación matemática en la región.

Se comparte con el lector, la primera experiencia de introducción de un Tutor Inteligente en el ambiente educativo costarricense y se describen los procesos y métodos en el uso y aplicación del Tutor Cognitivo desarrollado por el Carnegie Learning en una clase de matemática.

A partir de esta experiencia, se confirma una importante efectividad en el incremento de aprendizaje de la matemática a través del uso del Tutor; 47% de incremento en el tema elegido. Un tema nuevo y no tratado en las clases de matemática de este ciclo lectivo, pero que se encuentra dentro del currículo de la educación matemática.

De la misma forma, podemos concluir que el ambiente institucional en el que se realizó esta investigación, pudo afectar los resultados obtenidos, pero igualmente, se cree que en

condiciones más típicas del curso lectivo de los estudiantes, los resultados pudieron ser aún mejores.

Los estudiantes del centro educativo que participó en la investigación, muestran un manejo tecnológico adecuado para aprovechar la introducción de la computadora en los procesos de enseñanza-aprendizaje dentro de la institución. Se confirma por los estudiantes, que no reciben lecciones de matemática con asistencia de recursos tecnológicos como la computadora, a pesar de que los profesores cuentan con una preparación y formación tecnológica importante y la institución tiene condiciones de infraestructura idóneas.

La utilización del TC como herramienta para mejorar el aprendizaje de la matemática, reveló un comportamiento colaborativo de parte de los estudiantes, contrastando con el comportamiento típico de los estudiantes en Estados Unidos, donde su enfoque es más individualista. Esto también, permite plantearse otras preguntas de investigación al respecto, sobre todo en herramientas que mapean el aprendizaje individual, como lo es un Sistema Tutor Inteligente. ¿Cuánto tiempo se retiene el aprendizaje alcanzado? ¿De qué manera se puede registrar el aprendizaje alcanzado por la interacción entre compañeros? ¿El incremento de aprendizaje con un TC es más alto que en la clase tradicional?. Estas y otras preguntas más, deja claro que el tema de la introducción de Sistemas Tutores Inteligentes no se ha acabado y existe un campo abierto para la investigación científica que permita aclarar el panorama al respecto.

### **Agradecimientos**

Queremos agradecer a la Dra. Erin Walker, investigadora de la Universidad del Estado de Arizona, quien participó en la implementación y análisis de la investigación en Costa Rica y a los asistentes del proyecto, Etmon Carranza Vega, Viviana Vargas y David Fallas Sánchez por la recopilación y tabulación de datos. Igualmente, un agradecimiento especial a la Vicerrectoría de Acción Social y a la coordinación del Programa de Regionalización Interuniversitaria de la Región Huetar Atlántica de la Universidad de Costa Rica por todo el apoyo logístico para la atención de los investigadores en su estancia en Costa Rica. De la misma manera, queremos agradecer a los estudiantes y profesores que participaron en la utilización del Tutor Cognitivo en la sesión de aprendizaje desarrollada.

### **Referencias Bibliográficas**

- Aguilar, R y De Antonio, A (2003). *Agentes Pedagógicos Virtuales Inteligentes*. Universidad Autónoma de Yucatán y Universidad Politécnica de Madrid.
- Anderson, J.R. (1993). *Rules of the Mind*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Baker, R.S., Corbett, A.T., Koedinger, K.R., Wagner, A.Z. (2004), Off-Task Behavior in the Cognitive Tutor Classroom: When Students "Game The System". *Proceedings of ACM CHI 2004: Computer-Human Interaction*, 383-390.
- Baker, R.S.J.d., Corbett, A.T., Koedinger, K.R., Evenson, E., Roll, I., Wagner, A.Z., Naim, M., Raspat, J., Baker, D.J., Beck, J. (2006) Adapting to When Students Game an Intelligent Tutoring System. *Proceedings of the 8th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, 392-401.
- Baylor, Amy. (2003). *The Impact of Three Pedagogical Agent Roles*, Florida, USA.
- CIA World Factbook. (Mayo, 2008). *Costa Rica Tasa de alfabetización*. (Publicación del 16 de mayo del 2008). Revisado el 08 de octubre del 2009 en [http://www.indexmundi.com/es/costa\\_rica/tasa\\_de\\_alfabetizacion.html](http://www.indexmundi.com/es/costa_rica/tasa_de_alfabetizacion.html)
- De Saint Pierre, Didier (2010). *La informática educativa en América Latina y el Caribe: luces y sombras*. OREALC-UNESCO.

Delors, Jacques (1997). *La Educación encierra un tesoro: Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el siglo XXI*, presidida por Jacques Delors. México, D.F.: UNESCO.

Duffy, T. y Jonassen, D (1992). *Constructivism and the Technology of Instruction*. Laurence Erlbaum Associates, Hillsdale, Ney Jersey.

El porqué de las TIC en Educación (2007). *EDUTEKA*, recuperado el 31 de marzo, 2010, de: <http://www.eduteka.org/PorQueTIC.php>

Jara V, Ignacio (2008). *Las políticas de tecnología para escuelas en América Latina y el mundo: visiones y lecciones*. Naciones Unidas. Santiago de Chile, 2008.

Kaztman, Rubén (2010). *Impacto social de la incorporación de las nuevas tecnologías de información comunicación en el sistema educativo*. Naciones Unidas. Santiago de Chile, 2010.

Koedinger, K.R. y Corbett, A.T.(2006). *Cognitive tutors: Technology bringing learning sciences to the classroom*. In: The Cambridge handbook of the learning sciences, R.K. Sawyer, Editor. Cambridge University Press: New York, NY, 61-77.

Morales, Ismael y Maynor Jiménez .(2010).Tutores Inteligentes en la Enseñanza de la Matemática en Secundaria. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 23. Recuperado el 03 de noviembre, 2010, de <http://www.clame.org.mx/documentos/alme23.pdf>)

PROSIC (2008). *Hacia la Sociedad de la Información y el Conocimiento en Costa Rica*. Informe 2007. Programa de la Sociedad y el Conocimiento de la Universidad de Costa Rica (PROSIC). Costa Rica.

Rakesn Agarwal y Deo Amrita (2004). Intelligent Agents in E-learning. *Software Engineering Notes*, 29 (2), 1-3.

Redal (2005). Informe Científico Final: Redes Escolares de América Latina, Una investigación sobre las mejores prácticas, Internacional Development Research Centre (IDRC)-Redal.

Ritter, S y Jhon R, Anderson (2007). Cognitive Tutor: Applied research in mathematics education. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(2), 249-255.

Sklar, Elizabeth y Richards, Debbie (2006). The use of Agents in Human Learning System. Brooklyn College, New York, USA.

UCR. (2007). *E-Educación en Costa Rica*. Informe Prosic. Revisado el 07 de Octubre del 2009 en [http://www.prosic.ucr.ac.cr/images/pdf/informe\\_2007/cap6.pdf](http://www.prosic.ucr.ac.cr/images/pdf/informe_2007/cap6.pdf).