

# EL RENDIMIENTO ACADÉMICO Y LAS ACTITUDES HACIA LAS MATEMÁTICAS CON UN SISTEMA TUTOR ADAPTATIVO

Gerardo Rocha, José Antonio Juárez, Olga Leticia Fuchs y Genaro Rebolledo-  
Méndez

*La formación en competencias implica un aprendizaje activo que requiera motivación, capacidad de formular juicios críticos y capacidad de aprender a aprender. Se muestra el impacto de un sistema tutor adaptativo en el desarrollo de tres competencias matemáticas y su efecto sobre las actitudes de universitarios mexicanos hacia las matemáticas y hacia las matemáticas aprendidas con computadora. Los resultados mostraron un mayor desarrollo de las competencias matemáticas en el grupo experimental que en el grupo de control, así como una diferencia significativa en la actitud hacia las matemáticas aprendidas con la computadora, sin informar diferencias en la actitud hacia las matemáticas.*

**Términos clave:** Actitudes hacia las matemáticas; Aprendizaje híbrido; Competencias matemáticas; Matemáticas enseñadas con computadora

Academic performance and attitudes towards mathematics with an adaptive tutoring system

*Competencies training implies active learning that requires motivation, the ability to formulate critical judgments, and the ability to know how to learn. This paper shows the impact of an Adaptive Tutoring System in the development of three mathematical competencies, and its effect on Mexican undergraduates' attitudes towards mathematics and attitudes towards mathematics learned with a computer. Results showed a greater development of the mathematical competencies in the experimental group than in the control one, as well as a significant difference between the groups in the attitude towards the mathematics learned with the computer. No differences reported in the attitude towards mathematics.*

**Keywords:** Attitudes towards mathematics; Blended learning; Mathematical competencies; Mathematics taught with computer

Rocha, G., Juárez, J. A., Fuchs, O. L. y Rebolledo-Méndez, G. (2020). El rendimiento académico y las actitudes hacia las matemáticas con un Sistema Tutor Adaptativo. *PNA*, 14(4), 271-294.

El bajo rendimiento académico y las actitudes negativas hacia las matemáticas son problemas persistentes entre los estudiantes en los primeros semestres de universidad en México, y esto conduce a una comprensión deficiente de los problemas en sus áreas de estudio y a una aplicación inadecuada de las estrategias de solución. En este artículo evaluamos el impacto de la estrategia de aprendizaje adaptativo a través de un Sistema Tutor Adaptativo (STA) en el desarrollo de tres competencias matemáticas: *Uso de lenguaje simbólico*, *modelación de problemas matemáticos* y *resolución de problemas a través del razonamiento matemático*. Además, medimos el impacto del STA en las actitudes hacia las matemáticas y hacia las matemáticas aprendidas a través de la computadora de los estudiantes de primer semestre en tres campus de una universidad privada en México.

En las últimas décadas, el aprendizaje adaptativo y la inserción de las tecnologías del aprendizaje y el conocimiento (TAC) en la educación se han convertido en temas importantes e interesantes en el campo de las técnicas didácticas en diferentes áreas del conocimiento, y han sido una tendencia pedagógica considerable. Al mismo tiempo, la educación por competencias está inmersa en las instituciones educativas. Ante esta realidad, resulta necesario realizar investigación empírica para medir el impacto de las TAC en el desarrollo de las competencias matemáticas así como en las actitudes hacia las matemáticas y hacia las matemáticas aprendidas con computadora, una vez que, hasta ahora, los resultados hallados por otros investigadores no han sido contundentes.

Los objetivos de este estudio fueron, por un lado, evaluar en qué medida el uso de un STA afecta el desarrollo de competencias matemáticas en estudiantes universitarios de primer año. Por otro lado, investigar cómo impacta un STA en las actitudes hacia las matemáticas y hacia las matemáticas aprendidas con una computadora en una universidad mexicana. Nuestras hipótesis son, por un lado, que el uso de un STA impactará favorablemente el desarrollo de las competencias matemáticas mencionadas, por otro lado, que el uso del STA impactará en un cambio de actitudes hacia las matemáticas y, finalmente, que su uso impactará también en las actitudes hacia las matemáticas aprendidas con computadora.

El estudio del proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas es un problema actual en México en la mayoría de los niveles educativos. Muchas veces hemos observado que algunos estudiantes aprenden a diferentes ritmos, en diferentes lugares y en diferentes momentos, por lo que el uso de un sistema tutor adaptativo puede proporcionar la personalización y flexibilidad que se requiere para mejorar su aprendizaje. Además, el hecho de tener grupos muy grandes no permite dar una retroalimentación suficiente, oportuna y detallada a cada uno de los estudiantes; sin embargo, un STA puede proporcionar al estudiante retroalimentación inmediata y, del mismo modo, brindar al maestro información detallada sobre lo que el estudiante ha realizado en todo momento.

El presente trabajo pretende contribuir en la búsqueda de mejores prácticas y herramientas para potenciar el desarrollo de tres competencias matemáticas in-

dispensables en la formación de los futuros profesionistas mediante el uso del sistema tutor adaptativo MyMathLab. Con nuestra investigación, los autores buscamos aportar al conocimiento científico de la didáctica de las matemáticas y a la mejora de la práctica docente. En particular, buscamos responder preguntas como ¿de qué manera influye un STA en la adquisición de competencias matemáticas en estudiantes universitarios de primer año?, ¿cómo afecta un STA la actitud de los estudiantes hacia las matemáticas?, y ¿cómo afecta un STA la actitud hacia las matemáticas enseñadas con computadora?

## MARCO TEÓRICO

El marco teórico consta de tres partes: el aprendizaje en matemáticas con computadora, las competencias matemáticas y, por último, las actitudes hacia las matemáticas y hacia las matemáticas enseñadas con computadora.

### **El aprendizaje de matemáticas con computadora**

La matemática constituye una herramienta para modelar y resolver problemas por ser un lenguaje universal, y contribuye al logro del desarrollo del pensamiento lógico, de la capacidad de razonar y de enfrentarse a situaciones nuevas y retadoras. Desde finales del siglo pasado, el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) se ha implementado en las aulas con el objetivo de mejorar el rendimiento académico de los estudiantes y lograr un aprendizaje significativo. No obstante, el uso de las TIC en la educación aún no ha dado resultados contundentes sobre sus ventajas o desventajas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas. A partir de las últimas dos décadas del siglo pasado, la tecnología ha tenido cada vez mayor presencia en las aulas, pues gracias al paulatino decremento en los precios de herramientas tecnológicas como la Tablet, las computadoras personales y los teléfonos inteligentes (Smartphones) se ha incrementado la incursión en nuevas técnicas pedagógicas y estrategias didácticas. El aprendizaje adaptativo es un método de instrucción que crea una experiencia de aprendizaje personalizada a partir del uso de medios computacionales. La instrucción, los comentarios y la corrección se ajustan de acuerdo con el rendimiento de cada alumno. Un sistema tutor adaptativo (STA) es un entorno de aprendizaje interactivo en el cual el estudiante no permanece pasivo. Esta es tal vez la característica más relevante del STA, pues es el alumno quien, apoyado por su profesor, pero manteniendo su autonomía, construye su propio conocimiento. Es decir, estamos hablando de un planteamiento cognoscitivista del aprendizaje (Velasco, 2010). El uso de un STA puede funcionar eficientemente tanto en una computadora (ordenador) de escritorio, como en una portátil, una tableta o un teléfono inteligente. El único requisito es una conexión a Internet (Oxman y Wong, 2014).

De acuerdo con Cafarella (2016), la investigación sobre el uso de la tecnología en los cursos de matemáticas de nivel superior ha sido escasa. La mayor parte de la investigación sobre tecnología en la enseñanza de las matemáticas publicada en revistas indexadas se ha centrado en los primeros doce años de educación (K-12) y hay pocos estudios que puedan afirmar contundentemente si hay o no beneficios en las aulas universitarias con el uso de herramientas multimedia en el aprendizaje de las matemáticas (Zientek et al., 2015).

Por ejemplo, Curri (2012) encontró que la tecnología influyó positivamente en el aprendizaje de las matemáticas al apoyar la visualización y los medios interactivos que ayudan a la representación, razonamiento, cálculos y resolución de problemas. Por su parte, Reed et al. (2010) destacaron resultados contradictorios en 521 estudiantes cuando se utilizó una herramienta informática para aprender sobre un concepto matemático específico. Dentro de sus hallazgos encontraron que, aunque el dominio de las herramientas y los puntajes de las pruebas están íntimamente relacionados, los procesos reflexivos parecen mediar esta relación. Se mostró que los estudiantes con una actitud más positiva hacia las matemáticas obtuvieron puntuaciones más altas en los exámenes. No obstante, hubo un efecto negativo inesperado de la actitud hacia las herramientas informáticas matemáticas. Los estudiantes de niveles de educación superior con una actitud más positiva hacia tales herramientas lograron puntajes de prueba más bajos.

Arroyo et al. (2014) desarrollaron una investigación en varias escuelas de Estados Unidos sobre el efecto de un sistema adaptativo inteligente llamado *Wayang Outpost* (ahora *MathSpring*), junto con una variedad de componentes utilizados en el sistema de aprendizaje aplicado a estudiantes de educación básica de nivel medio superior (K-12). Una importante conclusión de ese trabajo es que factores cognitivos, afectivos y metacognitivos pueden ser modelados y apoyados por los sistemas de tutorías inteligentes. Arroyo et al. (2014) demostraron, además, que una variedad de estos factores, y combinaciones de éstos, influyen en el comportamiento del estudiante y en sus resultados de aprendizaje después de usar el software. Este artículo también describe varias evaluaciones que miden el impacto de cada componente diseñado para proporcionar una gama integral de apoyos, basados en los estados cognitivos, metacognitivos y afectivos del alumno. El sistema ayudó a mejorar el rendimiento en matemáticas en pruebas estandarizadas, así como a mejorar el compromiso y los resultados afectivos de los alumnos.

Oktaviyanthi y Supriani (2015) investigaron sobre el uso del software libre hecho por Microsoft para la enseñanza de las matemáticas en estudiantes de bachillerato. En su artículo revelaron que la aplicación de *Microsoft Mathematics* en el aprendizaje del cálculo mejoró el rendimiento de los estudiantes y, de manera significativa también, las actitudes de los estudiantes en relación con el estudio de las matemáticas. Este estudio encontró que los estudiantes que aprendieron haciendo uso del *Microsoft Mathematics* tuvieron un rendimiento más alto en sus evaluaciones y se observó un efecto positivo en la confianza de los estudian-

tes hacia las matemáticas. Concluyeron que la visualización interactiva, que es una rama de la visualización gráfica en informática, es un componente esencial que ofrece Microsoft Mathematics. El análisis cualitativo de estos autores arrojó actitudes positivas hacia el uso del software por parte de los alumnos, quienes informaron obtener una mejor comprensión, enriquecer el aprendizaje de las matemáticas y aumentar su motivación para involucrarse más en las actividades de aprendizaje. Por su parte, Smith y Suzuki (2015) confirmaron, en un experimento llevado a cabo con 56 alumnos de álgebra de una escuela secundaria en Estados Unidos, que los alumnos que accedieron a un entorno multimedia suministrado por su profesor de manera semipresencial presentaron un rendimiento significativamente mayor que el obtenido mediante la enseñanza en el aula de clases presenciales. Encontraron que los estudiantes en el grupo experimental mostraron puntajes significativamente mayores en las pruebas de Álgebra II y estos evaluaron sus experiencias de aprendizaje de manera significativamente más positiva que el grupo de control. La autonomía y la libertad concedida a los estudiantes adolescentes para autogestionar la instrucción y para acceder a las lecciones multimedia fuera del aula facilitaron su motivación para aprender. Smith y Suzuki (2015) recomiendan que futuros estudios enfocados a las necesidades psicológicas de los estudiantes, en diferentes etapas de desarrollo, pueden contribuir a una mayor comprensión del impacto de la instrucción en entornos informáticos.

Finalmente, el trabajo de Cueli et al. (2016) describe los principios en los que se basa una herramienta hipermedia (*Hipatia*) y proporciona una revisión de las tecnologías disponibles desarrolladas en diferentes áreas académicas. En general, la línea de futuras investigaciones propuestas por Cueli et al. (2016) es analizar el impacto de la herramienta en tres áreas clave, a saber, el proceso de aprendizaje de los estudiantes de matemáticas, su autogestión y variables afectivo-motivacionales como la utilidad percibida, competencia percibida, motivación intrínseca y ansiedad hacia las matemáticas.

### **Las competencias matemáticas**

Aunque el desarrollo de competencias se ha estudiado desde la teoría constructivista de Vigotsky, desde hace un poco más de dos décadas ha habido un movimiento mundial en la educación (y en las empresas) hacia la educación basada en competencias y, en algunos casos, hacia la teoría del aprendizaje adaptativo. El término competencia ha pasado de sugerir cualificaciones profesionales, capacidades, habilidades, etcétera, a una de las definiciones más simples dadas por la Guía del usuario del sistema europeo de transferencia y acumulación de crédito (Directorate General for Education and Culture, 2007):

*Una combinación dinámica de atributos, habilidades y actitudes que se forman de diversas maneras y se evalúan en una escala diferente. Se pueden dividir en disciplinares o de un área o campo de estudio y en ge-*

*néricas o transversales, es decir, comunes a cualquier curso.* (p. 30, traducción personal)

Dentro de las competencias en general, las competencias matemáticas se consideran parte principal de la preparación educativa en la mayoría de los países actualmente. Estas competencias, de acuerdo con OCDE/PISA, se refieren a las capacidades de los estudiantes para analizar, razonar y comunicar eficazmente cuando identifican, formulan y resuelven problemas matemáticos en diferentes situaciones (Rico, 2004). Como indican Rico y Lupiáñez (2008):

*El énfasis está en el proceso de la actividad, sin dejar a un lado los conocimientos. La competencia matemática implica la capacidad y la voluntad de utilizar modos matemáticos de pensamiento (pensamiento lógico y espacial) y su representación (fórmulas, modelos, gráficos y diagramas).* (p. 164)

En nuestro trabajo de investigación se analizan tres competencias en particular: el uso de lenguaje simbólico, la modelación de problemas matemáticos y la resolución de problemas mediante razonamiento matemático.

Entendemos por lenguaje simbólico en matemáticas al conjunto de significantes matemáticos que incluyen signos, símbolos y representaciones que expresan conceptos o propiedades matemáticas. El correcto uso del lenguaje simbólico implica conocer y utilizar apropiadamente los significantes matemáticos y su significado. Vale la pena mencionar que un buen uso de los significantes matemáticos no necesariamente asegura la comprensión de los conceptos o procedimientos con los que se relacionan, pues una buena escritura no garantiza que la asociación de los significados sea la correcta (Camós y Rodríguez, 2009).

La modelación matemática es un intento de describir alguna parte del mundo real en términos matemáticos. Un modelo matemático está conformado por elementos tomados del cálculo, álgebra, geometría y otros campos de la matemática, y su propósito general es establecer relaciones entre un conjunto de variables (Brito-Vallina et al., 2011).

El término *resolución de problemas* ha estado en boga en los últimos años en el ámbito de la didáctica de las matemáticas y ha sido ampliamente estudiado. Sin embargo, no es fácil llegar a un consenso respecto a su definición. Donde sí que hay más consenso es en los elementos que debe seguir la resolución de un problema matemático. Para Pólya (citado en Shoenfeld, 1987), un problema se resuelve correctamente si se siguen estos pasos: (1) comprender el problema (identificar incógnitas, datos, condiciones), (2) configurar un plan (pensar en un problema semejante, relaciones, teoremas), (3) ejecutar el plan, y (4) verificar el procedimiento y comprobar el resultado.

La evaluación por competencias supone la recolección de evidencias que permitan determinar el saber hacer de un estudiante en una determinada situación problema, empleando adecuadamente herramientas conceptuales y procedimenta-

les (López, 2009). Sin embargo, ante las limitaciones que conlleva un proceso completo de actuación desde la realidad a las matemáticas y vuelta a la realidad (se reconocen dificultades de recursos y tiempo principalmente), Rico (2006) considera la opción de elaborar un conjunto de ítems que evalúen diferentes partes del proceso. La estrategia debe contemplar tres variables: el contenido matemático, el problema contextualizado y las competencias o procesos que deben conectarse para resolver el problema.

### **Las actitudes hacia las matemáticas y hacia las matemáticas enseñadas con computadora**

Varios investigadores han observado desde hace algunas décadas que el rendimiento académico no solo es un problema cognitivo, sino que las actitudes, tanto positivas como negativas, juegan un papel muy importante tanto en el aprendizaje como en la enseñanza de las matemáticas (Di Martino y Gregorio, 2007; Gómez-Chacón, 2002, 2010; Hannula, 2002; McLeod, 1994; Nicolaidou y Philippou, 1997; Zan et al., 2006). Con referencia al estudio de las matemáticas, lo cognitivo y lo afectivo mantienen una relación de dependencia mutua (Gómez-Chacón, 2000). En la literatura existe abundante investigación y teoría sobre los procesos cognitivos. Sin embargo, es mucho menos lo que se sabe respecto a los aspectos afectivos (Huang y Mayer, 2016). Estos aspectos afectivos son estudiados dentro de la línea de investigación “Dominio Afectivo en Educación Matemática”, la cual surge como necesidad de construir referentes teóricos para considerar aspectos tales como las concepciones, creencias, motivaciones, atribuciones, ideas, visiones, convicciones, opiniones, sentimientos, emociones y actitudes hacia las matemáticas (Martínez, 2007). La definición más utilizada de dominio afectivo es la que proponen Krathwohl et al. (1973, citados en Gómez-Chacón, 2000), en la que se incluyen como parte de la definición de dominio afectivo las actitudes, creencias, apreciaciones, gustos y preferencias, emociones, sentimientos y valores. Por su parte, McLeod (1992) emplea la expresión dominio afectivo para describir un “extenso rango de sentimientos y humores (estados de ánimo) que son generalmente considerados como algo diferente de la pura cognición” (p. 576).

En el caso de la actitud referida a la matemática, Gómez-Chacón (2000) hace una división en dos grandes categorías: actitud hacia la matemática y actitudes matemáticas. Las actitudes hacia la matemática se describen por el valor, aprecio e interés por esta disciplina y por su aprendizaje, y resaltan principalmente la componente afectiva por encima de la cognitiva. Algunos de los aspectos que comprenden las actitudes de este grupo, de acuerdo con Gómez-Chacón (2000), son: “Actitud hacia la matemática y los matemáticos, interés por el trabajo matemático y científico, actitud hacia las matemáticas como asignatura, actitud hacia determinadas partes de la matemática, actitud hacia los métodos de enseñanza” (p. 24). Por otro lado, las actitudes matemáticas tienen características marcadamente cognitivas. Se enfocan en el uso de capacidades como la flexibili-

dad de pensamiento, apertura mental, pensamiento crítico, objetividad, etc. Estas actitudes van más allá de un simple gusto por las matemáticas. Un alumno demuestra esta actitud, por ejemplo, cuando se empeña en hallar una solución acertada y de la manera correcta a la resolución de un problema, aunque no posea una disposición positiva hacia las matemáticas. La actitud matemática incluye actitudes sobre la organización y hábitos de trabajo: curiosidad, interés por hallar la solución a un problema, creatividad para formular conjeturas, apertura para aceptar puntos de vista distintos, autonomía intelectual, capacidad de enfrentarse a situaciones nuevas, confianza en la propia capacidad de aprender y de resolver problemas. Cabe aclarar en este punto que la presente investigación se enfocó únicamente en las actitudes hacia las matemáticas y no en las actitudes matemáticas, debido a que un gran número de estudios han revelado resultados de la correlación entre las actitudes hacia las matemáticas y las actitudes hacia las matemáticas aprendidas con computadora y el rendimiento académico. Además, dichos estudios han revelado que las actitudes hacia las matemáticas pueden ser un predictor de la conducta del estudiante.

Como se ha mencionado, el aprendizaje de las matemáticas es un proceso complejo que involucra procesos tanto cognitivos como afectivos. Para efectos de este trabajo, coincidimos con la definición de actitud de Ursini et al. (2004):

*Una predisposición aprendida para responder de manera consistente, favorable o desfavorablemente, hacia un objeto y sus símbolos. Una actitud tiene dirección: positiva o negativa; intensidad: alta o baja; está conformada por varios elementos, tales como: cogniciones o creencias, sentimientos o afectos asociados a evaluaciones, tendencias de comportamiento; y se forma, principalmente, mediante las experiencias e inferencias o generalizaciones y con base en principios de aprendizaje. (p. 61)*

El constructo *actitud en educación matemática*, del cual ya se ha realizado una revisión histórica (García y Juárez, 2011), apareció a mediados del siglo XX y fue afectado profundamente por el campo en el que nació (la psicología social), por su caracterización allí, vista como un rasgo de la persona capaz de influir en su propio comportamiento, y por los métodos utilizados para evaluar y medir las actitudes (Aiken, 1970, citado por Di Martino y Zan, 2014). La actitud hacia las matemáticas es la predisposición organizada del estudiante a pensar, sentir, percibir y comportarse hacia las matemáticas (Jovanovic y King, 1998, citado por Fonseca, 2012). La actitud hacia las matemáticas es una medida agregada de “un gusto o disgusto por las matemáticas, una tendencia a participar o evitar actividades matemáticas, una creencia de que uno es bueno o malo en matemáticas, y la creencia de que las matemáticas son útiles o inútiles” (Neale, 1969, p. 632, citado por Fonseca, 2012). Los métodos más comunes para medir actitudes son: el método de escalamiento Likert, diferencial semántico y el método de Guttman.

Dentro de estos métodos, el instrumento más común para medir actitudes por escalas es la escala tipo Likert (Ursini et al., 2004).

Respecto de las actitudes hacia las matemáticas aprendidas con computadora, concordamos con Vale y Leder (2004), quienes definieron las actitudes hacia las matemáticas basadas en computadora como el grado en que los estudiantes perciben que el uso de las computadoras en matemáticas proporciona relevancia para las matemáticas, ayuda a su aprendizaje y contribuye a su logro en dicha disciplina.

El análisis de Karakis et al. (2016) mostró que las actividades desarrolladas para el material educativo enseñado por el profesor afectaron positivamente las actitudes de los estudiantes hacia la enseñanza asistida por computadora y mejoraron su rendimiento académico. Estos autores encontraron que las actitudes de los estudiantes hacia el uso de la tecnología móvil eran en su mayoría positivas, pero el efecto en sus actitudes hacia las matemáticas dio resultados mixtos. En una revisión de la literatura realizada por Fabian et al. (2016), estos autores encontraron que, debido al número limitado de estudios cuantitativos, no se pudo llegar a ninguna conclusión sobre si el uso de dispositivos móviles mejora la actitud de los estudiantes hacia las matemáticas. Sin embargo, sí encontraron coincidencias en que los estudiantes disfrutaban de las actividades basadas en móviles. No obstante, para poder relacionar este disfrute con la percepción de las matemáticas se necesita mayor investigación. En su revisión, Fabian et al. (2016) identificaron algunas lagunas, como que las intervenciones que analizaron el uso de computadora en entornos fuera del aula carecieron de una evaluación en términos de los logros académicos de los estudiantes.

## MÉTODO

La investigación es de tipo cuasi experimental, de enfoque cuantitativo con grupo de control y grupo experimental. El experimento se llevó a cabo en el semestre de enero a mayo de 2018 con estudiantes de primer año de tres campus de una universidad privada en México (Puebla, Cuernavaca y León). Se obtuvo una muestra por conveniencia de jóvenes estudiantes de carreras en el área económico-administrativa (hombres y mujeres con edad promedio de 18 años) inscritos en la materia de Matemáticas 1. El grupo de control estuvo formado por 110 alumnos de los campus de León y Cuernavaca. El grupo experimental contuvo 109 estudiantes del campus de Puebla. Todos los estudiantes fueron instruidos con el mismo programa de estudios (*syllabus*).

El estudio consta de dos partes. Por un lado, la medición del desarrollo de las competencias mencionadas con y sin el uso de un STA y, por otro lado, la medición de las actitudes hacia las matemáticas y hacia las matemáticas aprendidas con computadora. A pesar de que existen estrategias muy bien elaboradas para la modelación matemática, y dado que se trabajó con estudiantes del primer semes-

tre de licenciatura, en este estudio consideramos que el alumno tiene esa competencia si es capaz de identificar los elementos del problema (constantes, variables, condiciones, etc.) y es capaz de relacionarlos en una descripción matemática coherente. En este trabajo se esperaba que el alumno fuera capaz de establecer una función que modele un problema de la vida real (ver ejemplo en la tabla 1). Finalmente, consideramos que el estudiante posee la competencia de resolución de problemas si es capaz de llegar al resultado esperado mediante un procedimiento matemático adecuado.

## Materiales

El STA utilizado en el grupo experimental se llama MyMathLab. Este software fue desarrollado por la editorial Pearson para mejorar el aprendizaje de los estudiantes y apoyar a los instructores en sus aulas. El software es un sistema de instrucción flexible basado en la WEB. El profesor diseña su curso en la plataforma asignando los temas y subtemas, eligiendo los ejercicios que se darán como tarea, el número de ejercicios de práctica y autoevaluación, número de intentos posibles, cuestionarios, exámenes rápidos, exámenes de período, etcétera. El profesor tiene acceso en cualquier momento a todas las actividades de los estudiantes, así como a sus calificaciones, tiempos de trabajo y niveles de progreso. MyMathLab proporciona a los alumnos una información sobre su rendimiento, lo que les permite practicar más en las áreas en las que necesitan más ayuda. Cada vez que el estudiante resuelve un ejercicio, el sistema le devuelve retroalimentación de forma inmediata (ver figura 1).

Tarea: Tarea 11: Máximos y mínimos (primera deriv) Guardar

Puntaje: 0 de 1 punto 2 de 9 (0 completas) Puntaje de tareas: 0%, 0 de 9 puntos

13.1.7 Ayuda de la pregunta

Enseguida se proporciona la derivada de una función continua  $f$ . Determine los intervalos abiertos en los que  $f$  es: a. Creciente; b. Decreciente; y c. Determine los valores de  $x$  de todos los extremos relativos.

$f'(x) = (x + 2)(x - 6)^2$

a. ¿En cuáles intervalos la función es creciente? Seleccione una opción para completar su elección.

A. La función es creciente en .  
(Escriba su respuesta en notación de intervalo)

B. La función nunca es creciente.

✘ Incorrecto

Sea  $f$  derivable en el intervalo  $(a, b)$ . Si  $f'(x) > 0$  para toda  $x$  en  $(a, b)$ , entonces  $f$  es creciente en  $(a, b)$ . Construya un diagrama de signos para  $f'(x)$  para determinar los intervalos abiertos donde  $f$  es creciente.

Aceptar

Haga clic para seleccionar y escribir su respuesta, luego haga clic en Comprobar respuesta. ?

2 partes faltantes Borrar todo Comprobar respuesta

Figura 1. Ejemplo de retroalimentación inmediata

Los alumnos pueden trabajar en sus tareas tantas veces como lo necesiten, o hasta que obtengan las respuestas correctas (según lo programe el profesor), y el rendimiento de los estudiantes puede evaluarse regularmente de manera que el profesor y el alumno saben en todo momento el porcentaje de avance y de dominio de los temas. La plataforma permite al estudiante aprender a su propio ritmo; asignándole “puntos de dominio”, para que quien requiera más práctica pueda

hacerlo, y el que requiera menos, pueda continuar adelante. En la plataforma, el estudiante puede acceder a explicaciones escritas, ejemplos de problemas resueltos, videos, problemas interactivos (ver figura 2) y al libro de texto en formato electrónico dondequiera que pueda conectarse a Internet con un dispositivo móvil o en una computadora de escritorio.

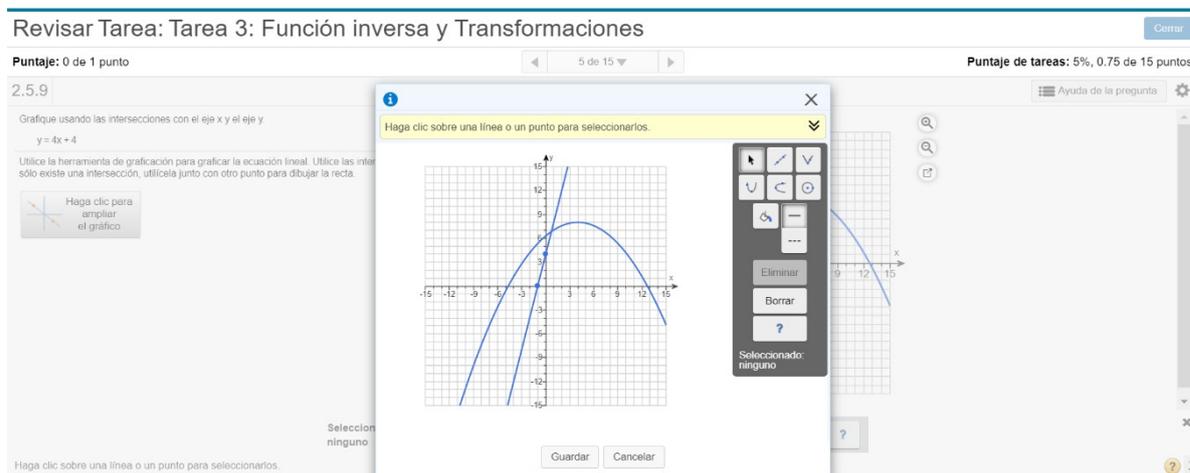


Figura 2. Ejemplo de problema interactivo

Una vez diseñado el curso en MyMathLab, se descargaron en archivos PDF las actividades, tareas y exámenes para aplicarlos de manera paralela en el grupo de control. El pretest y postest fueron elaborados con seis ejercicios matemáticos alineados con las competencias matemáticas en estudio, dos ejercicios para medir el uso del lenguaje simbólico, dos ejercicios para medir el modelado matemático y dos más para determinar la resolución de problemas a través del razonamiento matemático. En la tabla 1 se pueden ver ejemplos de cada uno de los ítems utilizados en las pruebas. La elaboración de la prueba constó de tres versiones y estuvo a cargo de los autores. Cada versión fue validada por siete jueces expertos, y en función de sus sugerencias y aportaciones se crearon las nuevas versiones hasta tener la prueba definitiva.

Para medir las actitudes hacia las matemáticas y las actitudes hacia las matemáticas aprendidas por computadora, utilizamos una versión modificada de la escala Actitudes hacia las matemáticas y hacia las matemáticas enseñadas con computadora (AMMEC) elaborada por Ursini et al. (2004), quienes validaron la escala y determinaron dos subescalas (el gusto por las matemáticas y el gusto por las matemáticas enseñadas por computadora) mediante análisis factorial. A pesar de que los autores de la escala original obtuvieron un nivel de confiabilidad aceptable, y dado que el instrumento fue modificado por la eliminación de tres de los ítems de la escala original, realizamos una prueba piloto, y calculamos nuevamente el coeficiente alfa de Cronbach ( $\alpha=0,85$ ) que verificó la confiabilidad de la escala utilizada.

Tabla 1  
*Ejemplos de ejercicios utilizados en el pretest-postest para la medición de competencias matemáticas*

Competencia que se mide	Pregunta de muestra
Uso del lenguaje simbólico	Comience graficando la función de valor absoluto, $f(x)= x $ . A continuación, utilice las transformaciones de este gráfico para trazar la función $h(x)= x+3 -2$ .
Modelado de problemas	Una nueva televisión se deprecia de forma lineal \$120 por año y vale \$370 después de cuatro años. Determine una función que describa el valor de este televisor si $x$ es la edad del aparato en años.
Resolución de problemas matemáticos	Resolver la siguiente ecuación logarítmica: $\log_2(5x-3) = 4$

La escala AMMEC es una escala tipo Likert con cinco niveles de respuesta: Totalmente de acuerdo, de acuerdo, indiferente, en desacuerdo y totalmente en desacuerdo. A cada nivel de respuesta se le asignó un valor de 1 a 5. Esta escala se aplicó antes y después del curso. Los ítems de la escala utilizada se muestran a continuación:

*Pregunta 1.* Me gusta la clase de matemáticas.

*Pregunta 2.* La clase de matemáticas es aburrida.

*Pregunta 3.* Las matemáticas son difíciles.

*Pregunta 4.* Las matemáticas son la materia que más me gusta.

*Pregunta 5.* Las matemáticas son divertidas.

*Pregunta 6.* Me gustan las matemáticas.

*Pregunta 7.* Es importante aprender matemáticas.

*Pregunta 8.* Me gustaría usar las matemáticas en mi trabajo futuro.

*Pregunta 9.* Me gusta aprender matemáticas con una computadora.

*Pregunta 10.* Me cuesta entender lo que me piden en los problemas matemáticos.

*Pregunta 11.* Puedo resolver los problemas matemáticos planteados.

*Pregunta 12.* Prefiero clases de matemáticas sin computadora.

*Pregunta 13.* Me gusta usar la computadora.

*Pregunta 14.* Prefiero que un compañero de clase use la computadora.

*Pregunta 15.* Me entusiasma por usar la computadora.

*Pregunta 16.* Aprendería más matemáticas si pudiera usar la computadora más tiempo.

*Pregunta 17.* Me gustan más las matemáticas cuando el profesor explica y da ejemplos.

El rendimiento académico y las actitudes hacia las matemáticas ...

*Pregunta 18.* Es fácil de usar la computadora.

*Pregunta 19.* Si fuera profesor de matemáticas, enseñaría con una computadora.

*Pregunta 20.* Hablo de actividades matemáticas con mis compañeros de clase.

*Pregunta 21.* La clase de matemáticas con una computadora es aburrida.

Las preguntas 1 a 8, 10, 11 y 20 miden las actitudes hacia las matemáticas. Las preguntas 9, 12 a 19 y 21 miden las actitudes hacia las matemáticas enseñadas con computadora.

## RESULTADOS

Este trabajo de investigación midió por un lado el desarrollo de tres competencias matemáticas, con y sin el uso de un sistema tutor adaptativo: Uso del lenguaje simbólico, modelado de situaciones y resolución de problemas. Por otro lado, se midió el cambio en las actitudes de los estudiantes hacia las matemáticas y hacia las matemáticas enseñadas con computadora.

### **Competencias matemáticas**

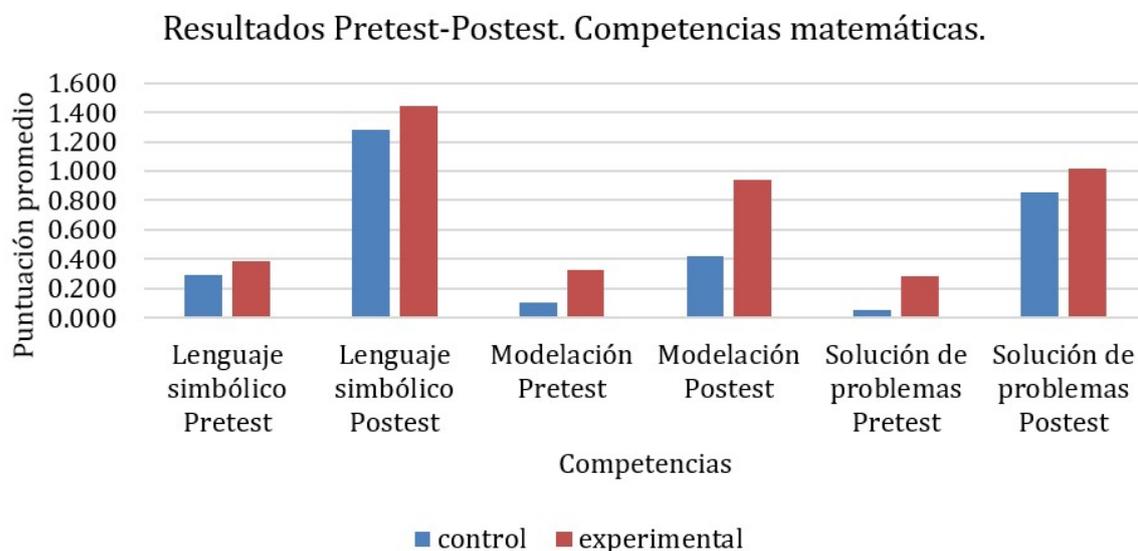
Luego de aplicar el pretest tanto en el grupo de control como en el experimental, se realizó una prueba t para muestras independientes para averiguar si los grupos eran homogéneos al inicio de la investigación. El valor p obtenido (0,062) indicó que los grupos experimentales y de control eran similares en términos de sus conocimientos previos (ver figura 3). En el análisis descriptivo se observó que la competencia Uso del lenguaje simbólico aumentó en promedio 30 puntos porcentuales, siendo esta competencia la que mayor diferencia mostró. La competencia Modelado de situaciones aumentó 18 puntos y la competencia Resolver problemas a través del razonamiento matemático aumentó en 23 puntos el promedio.

En la figura 3 se observa que ambos grupos mostraron un incremento importante en las puntuaciones con las que se midieron las tres competencias. La diferencia porcentual entre el pretest y el postest fue mayor en el grupo de control, lo cual se explica porque comenzaron con puntuaciones menores que las del grupo experimental en las tres competencias. Sin embargo, también podemos observar que el grupo experimental obtuvo promedios más altos en las tres competencias, lo cual nos da indicios de que el uso del STA (MyMathLab) influyó favorablemente en el desarrollo de las competencias.

La tabla 2 muestra los resultados de la prueba de hipótesis (prueba t) para el desarrollo de las competencias medidas. Los resultados se obtuvieron con el software estadístico SPSS.

Como podemos observar, el grupo experimental mostró una diferencia significativa entre el pretest y el postest, lo cual da evidencia estadística del impacto del STA en el desarrollo de las competencias medidas. El análisis de las competencias matemáticas mostró, con un nivel de confianza del 95%, que el grupo ex-

perimental, expuesto al uso del STA (MyMathLab) durante el curso, logró un rendimiento significativamente mayor en las tres competencias.



*Figura 3.* Resultados del pretest-postest para las competencias matemáticas

Tabla 2

*Resultados de la prueba t para el desarrollo de las competencias medidas*

Competencia matemática	Valor de t	p-valor
Uso del lenguaje simbólico	-8,183	0,000
Modelar situaciones matemáticas	-5,503	0,000
Resolver problemas a través del razonamiento matemático	-6,805	0,000

### **Actitudes hacia las matemáticas y hacia las matemáticas enseñadas con computadora**

Como se mencionó anteriormente, las actitudes hacia las matemáticas fueron medidas con los ítems 1 al 8, 10, 11 y 20. Las actitudes hacia las matemáticas enseñadas con computadora fueron medidas con los ítems 9, 12 a 19 y 21. En las tablas 3 y 4 se muestran los estadísticos de las variables actitud hacia las matemáticas y actitud hacia las matemáticas enseñadas con computadora. Cabe aclarar en este momento que al grupo de control se le aplicó únicamente la parte de la escala que mide actitudes hacia las matemáticas, dado que ellos no utilizaron la computadora durante el curso. Solo el grupo experimental respondió el cuestionario para las actitudes hacia las matemáticas y hacia las matemáticas enseñadas con computadora.

Tabla 3

*Estadísticos descriptivos de las actitudes hacia las matemáticas*

Grupo y momento	N.º de ítems	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Típica
Experimental INICIAL	11	2,20	4,44	3,3434	0,58106
Experimental FINAL	11	2,20	4,49	3,3131	0,61157
Control INICIAL	11	2,36	4,52	3,3089	0,57151
Control FINAL	11	2,04	4,47	3,1301	0,65785

*Nota.* Mínimo = Valor de la media del ítem con menor media; Máximo = Valor de la media del ítem con mayor media; Media = Valor de la media de las valoraciones de los 11 ítems

Tabla 4

*Estadísticos descriptivos de las actitudes hacia las matemáticas enseñadas con computadora*

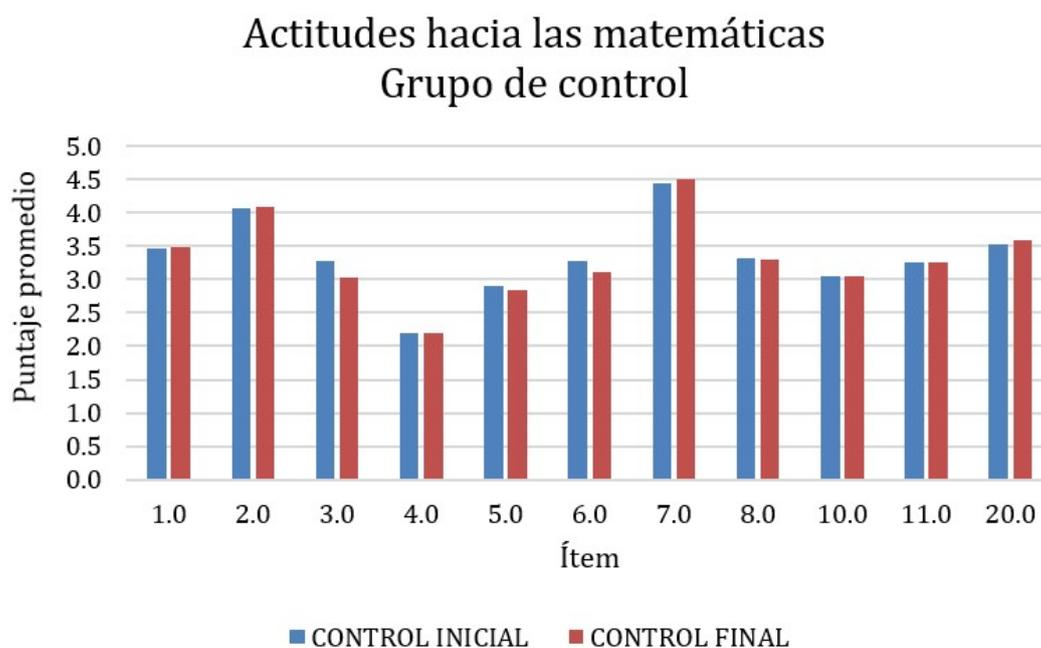
Grupo y momento	N.º de ítems	Mínimo	Máximo	Media	Desviación Típica
Experimental INICIAL	10	1,44	4,54	3,3463	0,91158
Experimental FINAL	10	1,57	4,45	3,3991	0,84222

*Nota.* Mínimo = Valor de la media del ítem con menor media; Máximo = Valor de la media del ítem con mayor media; Media = Valor de la media de las valoraciones de los 10 ítems

Se puede observar en las tablas 3 y 4 que las diferencias entre los grupos y entre las medias fueron realmente insignificantes, por lo que los estadísticos descriptivos no dan mucha información en este caso. Se puede ver que en ambos grupos hubo un decremento en las medias entre el momento inicial y el momento final en las actitudes hacia las matemáticas. En el caso de las actitudes hacia las matemáticas enseñadas con computadora se ve un leve incremento en el grupo experimental entre la situación inicial y la final. La escala de actitudes hacia las matemáticas enseñadas con computadora no fue aplicada al grupo de control dado que ellos no llevaron el curso con el STA.

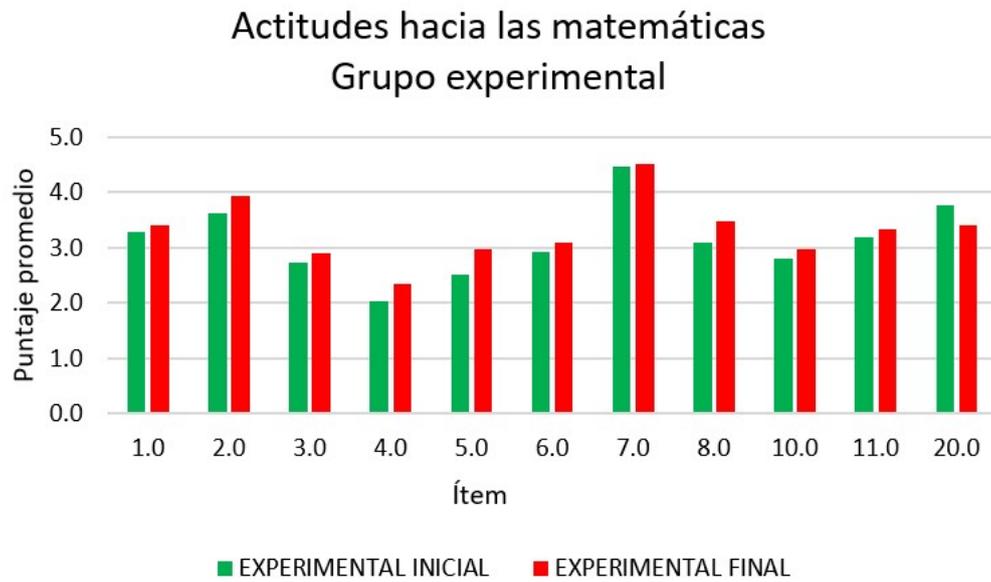
La figura 4 muestra el cambio en las actitudes hacia las matemáticas en el grupo de control. Los incrementos en las respuestas del grupo de control fueron muy similares en los dos momentos. Hubo incrementos mínimos en los ítems 1, 2, 7 y 20, cuyas diferencias porcentuales fueron del 1%, 1%, 1% y 2%, respectivamente. Los ítems 4, 10 y 11 permanecieron sin cambio (menos del 1%) pero

los ítems 3, 5, 6 y 8 presentaron una diferencia porcentual del -7%, -2%, -5% y -1%, respectivamente. Las mayores variaciones negativas se observaron en las afirmaciones 3 y 6 (Las matemáticas son difíciles y Me gustan las matemáticas). Esto nos indica que los estudiantes del grupo de control terminaron el curso con una mayor percepción de que las matemáticas son difíciles y su agrado por las matemáticas fue menor que al principio.



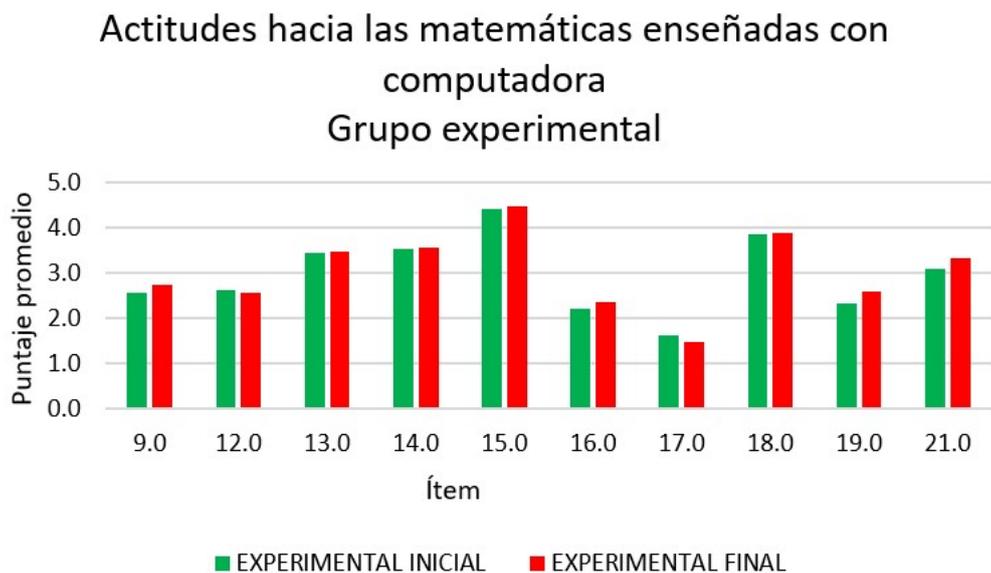
*Figura 4.* Actitudes hacia las matemáticas en el grupo de control

En la figura 5 observamos el cambio en las actitudes hacia las matemáticas en el grupo experimental. Como se observa en dicha figura, los alumnos sujetos al uso del sistema tutor adaptativo MyMathLab mostraron un incremento en todos los ítems que midieron las actitudes hacia las matemáticas con excepción del ítem 20, en el que se tuvo un decremento. Aunque los incrementos también son pequeños, se observó que son mayores que los obtenidos en el grupo de control. Las diferencias porcentuales fueron 4%, 9%, 6%, 16%, 18%, 6%, 1% y 12% para los ítems del 1 al 8, respectivamente; del 6% y el 5% para los ítems 10 y 11, respectivamente; y del -9% en el ítem 20. Lo anterior nos indica que, exceptuando el ítem 20, los estudiantes terminaron el curso con mejores actitudes hacia las matemáticas que al principio del curso. Este cambio pudo deberse al uso del sistema tutor adaptativo. Sin embargo, se realizó posteriormente una prueba de hipótesis para comprobar esta suposición.



*Figura 5.* Actitudes hacia las matemáticas en el grupo experimental

Los resultados del cambio en las actitudes hacia las matemáticas enseñadas con computadora en el mismo grupo experimental se muestran en la figura 6.



*Figura 6.* Actitudes hacia las matemáticas enseñanzas con computadora en el grupo experimental

En este caso se obtuvieron incrementos en ocho de los diez ítems de esta dimensión, pero hubo decrementos en los otros dos. Los ítems con incrementos fueron los números 9, 13, 14, 15, 16, 18, 19 y 21 con incrementos respectivos del 8%, 1%, 1%, 2%, 7%, 1%, 12% y 7%. Los decrementos se dieron en los ítems 12 (-

2%) y 17 (-9%). En general, a los alumnos les gusta aprender con computadora, pero resulta interesante que los alumnos siguen prefiriendo las explicaciones dadas por su profesor por encima de las herramientas multimedia que pueda ofrecer la computadora.

### **Prueba de hipótesis para las actitudes hacia las matemáticas y hacia las matemáticas enseñadas con computadora**

Para realizar las pruebas de hipótesis se aplicaron pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk ( $N < 50$ ) para los datos de las actitudes hacia las matemáticas y hacia las matemáticas enseñadas con computadora. Los resultados de las pruebas de normalidad se observan en la tabla 5.

Tabla 5

*Resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk*

Constructo y momento	Estadístico	gl	Sig.
Actitud hacia las matemáticas INICIAL	0,981	11	0,970
Actitud hacia las matemáticas FINAL	0,943	11	0,556
Actitud hacia las matemáticas enseñadas con computadora INICIAL	0,980	10	0,965
Actitud hacia las matemáticas enseñadas con computadora FINAL	0,981	10	0,968

*Nota.* gl = Grados de libertad; Sig. = Nivel de significación

Al ser el valor  $p$  mayor a 0,05 en todos los casos, aceptamos la hipótesis nula, concluyendo que los datos se ajustan a una distribución normal. A continuación, se realizó una prueba  $t$  para verificar si los cambios en las actitudes de los estudiantes del grupo experimental se debieron al uso del tutor adaptativo MyMathLab. Nuestra hipótesis de trabajo fue que existe una diferencia significativa antes y después del tratamiento debido al uso del sistema tutor adaptativo MyMathLab. Los estadísticos obtenidos en la prueba para las actitudes hacia las matemáticas fueron  $t=2.75$  y  $p=0.019$  (ver tabla 6, valores reflejados en la segunda columna de la tabla). Lo anterior nos da evidencia estadística de que el cambio en las actitudes hacia las matemáticas se debió al uso de MyMathLab.

En la tercera columna de la tabla 6 se muestran los resultados de la prueba  $t$  para las actitudes hacia las matemáticas aprendidas con computadora. También se obtuvo un valor  $p < 0.05$ . Por lo tanto, podemos afirmar que hubo un cambio significativo en las actitudes hacia las matemáticas enseñadas con computadora por el uso de MyMathLab.

Tabla 6

*Resultados de las pruebas t en Actitudes hacia las matemáticas y en Actitudes hacia las matemáticas enseñadas por computadora*

Estadísticos	Actitudes hacia las matemáticas	Actitudes hacia las matemáticas enseñadas por computadora
	Inicial – Final	Inicial - Final
Diferencia de medias	-0,18	-0,10
Desviación típica	0,21	0,12
Error típico de la diferencia	0,06	0,04
Intervalo de confianza para la diferencia (al 95%)	(-0,32, -0,04)	(-0,19, -0,01)
Valor de t	-2,75	-2,53
gl	10	9
Sig. (bilateral)	0,019	0,032

*Nota.* gl = Grados de libertad; Sig. = Nivel de significación

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Esta investigación da muestras de que el uso de la computadora, y en particular de un sistema tutor adaptativo como MyMatLab puede impactar positivamente en el desarrollo de ciertas competencias matemáticas, así como en las actitudes hacia las matemáticas y hacia las matemáticas enseñadas con computadora. Por un lado, se observó que las puntuaciones alcanzadas por los alumnos del grupo experimental en las tres competencias medidas fueron considerablemente más altas que las que obtuvo el grupo de control. Observamos que tanto en el desarrollo de las tres competencias estudiadas como en las actitudes de los estudiantes hacia las matemáticas y hacia las matemáticas enseñadas con computadora, hubo una diferencia significativa en las pruebas inferenciales realizadas, dando evidencia de que el uso del STA MyMathLab influyó favorablemente en las variables estudiadas. Se ha comentado que el STA MyMathLab ofrece algunas ventajas para el estudiante tales como la posibilidad de hacer una enorme cantidad de ejercicios, sistemas de ayuda, ejemplos resueltos, libro electrónico, vídeos, mayor número de elementos visuales y retroalimentación inmediata. Sin embargo, consideramos que algunas de las razones de mayor impacto por las que el STA favorece el desarrollo de las competencias (y del logro académico) son precisamente las actitudinales. Al mejorarse las actitudes de los estudiantes se crea un círculo virtuoso en el que, como consecuencia lógica, se tienen mejores resulta-

dos académicos. El análisis descriptivo de los cambios en las actitudes hacia las matemáticas en los estudiantes, con y sin el uso de MyMathLab, mostraron cambios muy pequeños como se comentó al analizar las figuras 4 y 5. El hecho de que los cambios hayan sido tan pequeños nos da pautas para nuevas investigaciones.

Nuestros resultados nos hacen reflexionar sobre la coincidencia con autores como Soliman y Hilal (2016), Arroyo et al. (2014), Oktaviyanthi y Supriani (2015), Cueli et al. (2016) o Karakis et al. (2016) en el aspecto de que el aprendizaje mediado por computadora impacta positivamente en el rendimiento académico de las matemáticas. Sin embargo, las pequeñísimas diferencias encontradas entre los dos grupos en las actitudes hacia las matemáticas y hacia las matemáticas enseñadas con computadora nos hacen pensar que hace falta más investigación al respecto. Algunas posibilidades podrían ser el empleo de una escala diferente, o enfocarse en aspectos motivacionales o de percepción además de las actitudes, entre otras.

El hecho de que los alumnos sigan prefiriendo las explicaciones del profesor sobre los materiales ofrecidos por el STA nos confirma que la tecnología no sustituye a los profesores de ninguna manera, pues esta es solo una herramienta más. El éxito académico todavía depende de las estrategias y actividades de enseñanza que los profesores desarrollan en sus clases. Las tendencias en la enseñanza de las matemáticas deben orientarse al desarrollo de procesos de pensamiento específicos de las matemáticas, y no sólo la transmisión de información. En otras palabras, uno debe dar preferencia sobre todo al conocimiento de cómo hacer sobre el resultado en sí. En matemáticas, el método predomina claramente sobre el contenido, por lo que uno debe dar importancia al estudio de las preguntas en psicología cognitiva que se relacionan con los procesos mentales de resolución de problemas. Además, la formación basada en competencias es cada vez más predominante en todo el mundo, y las tendencias muestran un crecimiento exponencial en el uso de las TIC en el proceso de aprendizaje. Aunque en la literatura el impacto de la tecnología en el aprendizaje de las matemáticas no ha sido concluyente, este estudio presenta evidencia empírica de que la tecnología puede proporcionar herramientas útiles como medio para el desarrollo de las tres competencias estudiadas. En resumen, este estudio mostró que el uso del STA MyMathLab mejora las actitudes hacia las matemáticas y hacia las matemáticas aprendidas con computadora. Es posible inferir que el uso de un STA en el aprendizaje de las matemáticas contribuye a mejorar el rendimiento académico de los estudiantes. Sin embargo, somos conscientes de que el rendimiento académico y el desarrollo de competencias es un proceso que depende de múltiples factores, por lo que concordamos también con Howard, Remenyi y Pap (2006) en que la aplicación de métodos adaptativos y flexibles no debe ser un objetivo, sino que debe ser un medio que nos permita lograr la mejora en el aprendizaje del alumno, por lo que la investigación educativa debe dirigirse a esa meta.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de la institución y de los profesores que participaron en los tres campus que contribuyeron a la realización de este proyecto.

## REFERENCIAS

- Arroyo, I., Woolf, B. P., Burelson, W., Muldner, K., Rai, D. y Tai, M. (2014). A multimedia adaptive tutoring system for Mathematics that addresses cognition, metacognition and affect. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 24, 387-426. <https://doi.org/10.1007/s40593-014-0023-y>
- Brito-Vallina, M. L., Alemán-Romero, I., Fraga-Guerra, E., Para-García, J. L. y Arias-de Tapia, R. I. (2011). Papel de la modelación matemática en la formación de los ingenieros. *Ingeniería Mecánica*, 14(2), 129-139.
- Cafarella, B. V. (2016). Acceleration and compression in developmental Mathematics: Faculty viewpoints. *Journal of Developmental Education*, 39(2), 12–25.
- Camós, C. y Rodríguez, M. (2009). Exploración del uso de los lenguajes natural y simbólico en la enseñanza de Matemática superior. En *Memorias del VI Congreso Iberoamericano de Educación Matemática (VI CIBEM)*. FISEM.
- Cueli, M., González-Castro, P., Krawec, J., Núñez, J. C. y González-Pienda, J. A. (2016). Hipatia: a hypermedia learning environment in mathematics. *Anales de Psicología*, 32(1), 98–105. <https://doi.org/10.6018/analesps.32.1.185641>
- Curri, E. (2012). *Using computer technology in teaching and learning Mathematics in an Albanian upper secondary school: The implementation of SimReal in trigonometry lessons*. Tesis de Máster. Universidad de Agder, Dinamarca.
- Di Martino, P. y Gregorio, F. (2017). The role of affect in failure in mathematics at the university level: The tertiary crisis. En T. Dooley y G. Gueudet (Eds.), *Proceedings of the Tenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 1050-1057). DCU Institute of Education y ERME. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01936027/>
- Di Martino, P. y Zan, R. (2014). Students' attitude in mathematics education. En S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (pp. 572-577). Springer.
- Directorate General for Education and Culture (2007). *ECTS User's guide. European credit transfer and accumulation system*. [http://www.aic.lv/ace/ace\\_disk/ECTS/user\\_gui.pdf](http://www.aic.lv/ace/ace_disk/ECTS/user_gui.pdf)
- Fabian, K., Topping, K. J. y Barron, I. G. (2016). Mobile technology and mathematics: effects on students' attitudes, engagement, and achievement.

- Journal of Computers in Education*, 3, 77-104.  
<https://doi.org/10.1007/s40692-015-0048-8>
- Fonseca, J. R. S. (2012). Students' Attitudes Toward Math Learning. En N. M. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (pp. 3214-3219). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6\\_1078](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_1078)
- García, M. S. y Juárez, J. A. (2011). Revisión del constructo actitud en Educación Matemática 1959-1979. *Unión: Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 26, 117-125.
- Gómez-Chacón, I. M. (2000). *Matemática emocional. Los afectos en el aprendizaje matemático*. Narcea.
- Gómez-Chacón, I. M. (2002). Afecto y aprendizaje matemático: causas y consecuencias de la interacción emocional. En J. Carrillo (Ed.), *Reflexiones sobre el pasado, presente y futuro de las matemáticas* (pp. 197-227). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva.
- Gómez-Chacón, I. M. (2010). Tendencias actuales en investigación en matemáticas y afecto. En M. M. Moreno, A. Estrada, J. Carrillo y T. A. Sierra (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XIV* (pp. 121-140). SEIEM. <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3629171.pdf>
- Hannula, M. S. (2002). Attitude towards mathematics: emotions, expectations and values. *Educational Studies in Mathematics*, 49(1), 25-46. <https://doi.org/10.1023/A:1016048823497>
- Howard, L., Remenyi, Z. y Pap, G. (2006). Adaptive blended learning environments. En *9th International Conference on Engineering Education* (pp. 23-28). San Juan, Puerto Rico.
- Huang, X. y Mayer, R. E. (2016). Benefits of adding anxiety-reducing features to a computer-based multimedia lesson on statistics. *Computers in Human Behavior*, 63, 293-303. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.034>
- Karakis, H., Karamete, A. A. y Okcu, A. (2016). The Effects of a Computer-Assisted Teaching Material, Designed According to the ASSURE Instructional Design and the ARCS Model of Motivation, on Students' Achievement Levels in a Mathematics Lesson and Their Resulting Attitudes. *European Journal of Contemporary Education*, 15(1), 105-113. <https://doi.org/10.13187/ejced.2016.15.105>
- López, P. (2009). Construcción y validación de una prueba para medir conocimientos matemáticos. *Horizontes Pedagógicos*, 11(1), 29-37. <https://horizontespedagogicos.iber.edu.co/article/view/333>
- Martínez, O. (2007). Semblanzas de la línea de investigación: dominio afectivo en Educación Matemática. *Paradigma*, 28(1), 237-252. <http://funes.uniandes.edu.co/15029/1/Martínez2007Semblanzas.pdf>
- McLeod, D. B. (1992). Research on affect in mathematics education: A reconceptualization. En D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 575-596). Macmillan.

- McLeod, D. B. (1994). Research on affect and mathematics learning in the JRME : 1970 to the present. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25(6), 637-647. <https://doi.org/10.2307/749576>
- Nicolaidou, M. y Philippou, G. (1997). Attitudes towards Mathematics, self-efficacy and achievement in problem-solving. En M. A. Mariotti (Ed.), *European Research in Mathematics Education III: Proceedings of the Third Conference of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 3, February 28 – March 3, 2003)* (pp. 1-11). Universidad de Pisa y ERME.
- Oktaviyanti, R. y Supriani, Y. (2015). Utilizing Microsoft Mathematics in Teaching and Learning Calculus. *Indonesian Mathematical Society Journal on Mathematics Education*, 6(1), 63-76. <https://doi.org/10.22342/jme.6.1.1902.63-76>
- Oxman, S. y Wong, W. (2014). *White paper: Adaptive learning systems: A white paper from DVX/De-Vry education group and Integrated education solutions*. [https://kenanaonline.com/files/0100/100321/DVx\\_Adaptive\\_Learning\\_White\\_Paper.pdf](https://kenanaonline.com/files/0100/100321/DVx_Adaptive_Learning_White_Paper.pdf)
- Reed, H. C., Drijvers, P. y Kirschner, P. A. (2010). Effects of attitudes and behaviours on learning Mathematics with computer tools. *Computers & Education*, 55(1), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.11.012>
- Rico, L. (2004). Evaluación de competencias matemáticas. Proyecto PISA/OCDE 2003. En E. Castro y E. de la Torre (Eds.), *Investigación en Educación Matemática: Octavo Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática (SEIEM)* (pp. 89-102). SEIEM.
- Rico, L. (2006). Marco teórico de evaluación en PISA sobre matemáticas y resolución de problemas. *Revista de educación, Número extraordinario 2006*, 275-294.
- Rico, L. y Lupiáñez, J. L. (2008). *Competencias matemáticas desde una perspectiva curricular*. Alianza Editorial.
- Schoenfeld, A. H. (1987). Polya, Problem Solving, and Education. *Mathematics Magazine*, 60(5), 283-291. <https://doi.org/10.1080/0025570X.1987.11977325>
- Smith, J. G. y Suzuki, S. (2015). Embedded blended learning within an Algebra classroom: a multimedia capture experiment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31(2), 133-147. <https://doi.org/10.1111/jcal.12083>
- Soliman, M. M. y Hilal, A. J. (2016). Investigating the effects of computer-assisted instruction on achievement and attitudes towards Mathematics among seventh-grade students in Kuwait. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 23(4), 145-159. [https://doi.org/10.1564/tme\\_v23.4.03](https://doi.org/10.1564/tme_v23.4.03)
- Ursini, S., Sánchez, G. y Orendain, M. (2004). Validación y confiabilidad de una escala de Actitudes hacia las Matemáticas y hacia las Matemáticas Enseñadas con Computadora. *Educación Matemática*, 16(3), 59-78.

- Vale, C. M. y Leder, G. C. (2004). Student views of computer-based Mathematics in the middle years: Does gender make a difference? *Educational Studies in Mathematics*, 56(2-3), 287-312. <https://doi.org/10.1023/B:EDUC.0000040411.94890.56>
- Velasco, A. I. (2010). Sistemas adaptativos en educación. *Tecnología y desarrollo: Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente*, 8, 1-17.
- Zan, R., Brown, L., Evans, J. y Hannula, M. S. (2006). Affect in mathematics education: An introduction. *Educational Studies in Mathematics*, 63(2), 113-121. <https://doi.org/10.1007/s10649-006-9028-2>
- Zientek, L., Skidmore, S. T., Saxon, D. P. y Edmonson, S. (2015). Technology priorities and preferences of developmental mathematics instructors. *The Community College Enterprise*, 21, 27-47.

Gerardo Rocha Feregrino  
Benemérita Universidad Autónoma de  
Puebla, México  
grocha@tec.mx

José Antonio Juárez López  
Benemérita Universidad Autónoma de  
Puebla, México  
jajul@fcfm.buap.mx

Olga Leticia Fuchs Gómez  
Benemérita Universidad Autónoma de  
Puebla, México  
letyfuchs@gmail.com

Genaro Rebolledo-Méndez  
TecLabs. Tecnológico de Monterrey,  
México  
g.rebolledo@tec.mx

Recibido: Abril de 2020. Aceptado: Julio de 2020

doi: 10.30827/pna.v14i4.15202



ISSN: 1887-3987