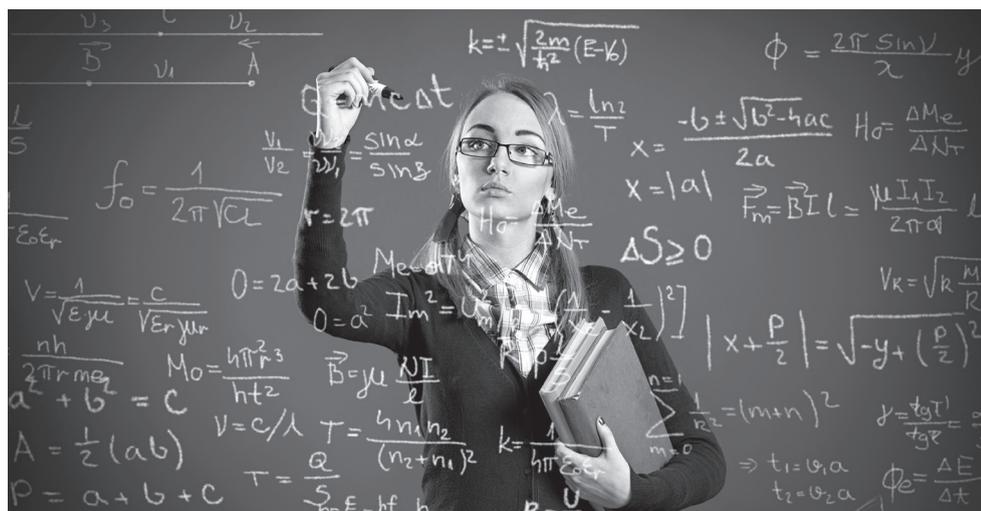


Ambiente metacognitivo digital para apoyar el aprendizaje de las matemáticas*

Metacognitive Digital Environment to Support Learning of Mathematics

Luis Sanabria Rodríguez**, Jaime Ibáñez Ibáñez***, Nilson Valencia Vallejo****



Resumen

Este documento presenta un estudio sobre el efecto de incorporar una estrategia pedagógica basada en un ambiente metacognitivo digital de planeación, monitoreo y control para apoyar el aprendizaje en matemáticas. La investigación se realizó con un grupo de estudiantes de primer semestre, quienes interactuaban con el ambiente de aprendizaje con el propósito de mejorar su capacidad de autorregulación y su logro

Citar este artículo como: Sanabria Rodríguez L.; Ibáñez Ibáñez J.; Valencia Vallejo, N. (2015). Barras bravas: Ambiente metacognitivo digital para apoyar el aprendizaje de las matemáticas. *Revista Papeles*, 7(14), pp. 42-54.

Fecha de recibido: agosto 3 de 2015.

Fecha de aceptación: diciembre 11 de 2015.

* Investigación financiada por el Centro de Investigaciones de la Universidad Pedagógica Nacional (CIUP-DTE-342/13).

** PhD en Educación. Profesor del doctorado Universidad Pedagógica Nacional. Correo electrónico: lubsan@pedagogica.edu.co

*** Profesor Departamento de Tecnología Universidad Pedagógica Nacional. Magíster en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación, estudiante del Doctorado Interinstitucional en Educación de la Universidad Pedagógica Nacional. Correo electrónico: jibanez@pedagogica.edu.co

**** Profesor Departamento de Tecnología Universidad Pedagógica Nacional. Magíster en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación, estudiante del Doctorado Interinstitucional en Educación de la Universidad Pedagógica Nacional. Correo electrónico: nvalencia@pedagogica.edu.co

de aprendizaje. El estudio preexperimental, utilizando pruebas objetivas y subjetivas y el reconocimiento de las habilidades, permitió comparar el efecto de la estrategia metacognitiva en el logro de aprendizaje y la capacidad de autorregulación. Los resultados mostraron un efecto positivo de la estrategia metacognitiva en el aprendizaje de los estudiantes. En cuanto a la capacidad de autorregulación, su efecto se evidenció en la valoración que los estudiantes hicieron de su verdadero estado de conocimiento. Estos resultados indicaron una disminución de la autoeficacia y la orientación a metas intrínsecas, aspecto que probablemente llevó a los estudiantes a tomar conciencia de lo que sabían.

Palabras clave: metacognición, capacidad autorreguladora, logro de aprendizaje, planeación, monitoreo, control.

Abstract

This paper presents a study on the effect of incorporating an educational strategy based on a digital metacognitive environment of planning, monitoring and control to support learning in mathematics. The research was conducted with a group of freshmen, who interacted with the learning environment in order to improve their capacity for self-regulation and learning achievement. The pre-experimental study, using objective and subjective tests and recognition of skills, allowed the comparison of the effect of metacognitive strategy in learning achievement and ability of self-regulation. The results revealed a positive effect of metacognitive strategy in student learning. Regarding the ability of self-regulation, the effect was demonstrated in the assessment that students made about their real status of knowledge. These results indicated a decrease in self-efficacy and orientation to intrinsic goals, on aspect that likely drove the students to be aware about what they knew.

Keywords: metacognition, capacity for self-regulation, learning achievement, planning, monitoring, control.

Introducción

La autonomía es una de las fortalezas que deben desarrollar los estudiantes cuando se enfrentan a tareas de aprendizaje; sin embargo, en los jóvenes que inician sus estudios universitarios, la falta de desarrollo de esta capacidad se hace notoria. Se intuye que una de las razones de esta carencia es la poca capacidad de autorregulación que aplican los alumnos en su aprendizaje; este factor podría tener como causa la escasa preocupación de la escuela básica para formar a sus estudiantes en el desarrollo de habilidades metacognitivas, lo cual conlleva a una desmotivación, genera apatía al estudio y, en consecuencia, bajo

rendimiento académico, que en la mayoría de los casos conduce a la deserción (González, Martínez-Conde y Melipillán, 2009; Himmel, 2003; MEN, 2003). Sin desconocer otras áreas de formación, las matemáticas se ubican en este factor de riesgo. Los informes del Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (ICFES), basados en los resultados de las pruebas Saber y ECAES muestran este bajo rendimiento, lo cual pone en evidencia un problema del proceso de aprendizaje, que se acentúa cuando el estudiante asume los primeros cursos de matemáticas en su carrera universitaria (ICFES, 2011; 2012).

Con el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) incorporadas en los escenarios de aprendizaje, surge un nuevo desafío, en la medida que el educando se enfrenta a un ambiente donde debe aprender de manera autónoma, para lo cual debe desarrollar su habilidad de autorregularse. Desde esta perspectiva y basados en el rendimiento de los estudiantes que cursan el primer semestre de universidad, se supone la falta de preparación en el desarrollo de estas capacidades de la educación básica y media, hecho que se contrapone a la forma como la educación superior orienta sus procesos formativos, donde se exige un alto grado de autonomía en el aprendizaje, más cuando sus ambientes incluyen estas tecnologías. El origen del problema se sustenta en la forma de orientar el aprendizaje, para ello se requiere el diseño de estrategias pedagógicas que apoyen el desarrollo de habilidades metacognitivas. Desde la psicología se ha tratado el estudio de las diferencias metacognitivas entre los estudiantes que alcanzan logros altos y aquellos que obtienen logros bajos con intermediación de acciones como: el monitoreo de su tiempo de estudio, su nivel de confianza y la predicción de los resultados de su autoevaluación, antes de someterse a una evaluación externa (Isaacson y Fujita, 2006). Estas investigaciones muestran que los estudiantes con logros más altos hacen juicios metacognitivos más precisos, característica que se evidencia en la fijación de metas de aprendizaje y la predicción de los resultados de su evaluación.

A partir de estos estudios se prevé el apoyo de las TIC como un elemento importante para la construcción de andamiajes que ayuden al estudiante a planear, monitorear, controlar y evaluar su propio aprendizaje. Precisamente, existen trabajos que utilizan las TIC como apoyo al aprendizaje. Al respecto, Chang (2007) investiga los efectos de una estrategia de monitoreo en el desempeño del aprendizaje del inglés basado en la *web*. Este trabajo revela la importancia de la autoevaluación

para activar el automonitoreo, aspecto que se suma a la investigación planteada, donde el interés está centrado en facilitar al estudiante herramientas para ejercer acciones metacognitivas como la posibilidad de autoevaluarse a medida que sigue su proceso de aprendizaje, cambiando sus estrategias hasta convencerse de haber alcanzado su nivel de aprendizaje y, así, decidir acerca de someterse a la evaluación externa que lo acredita académicamente.

Un ambiente de aprendizaje soportado en tecnologías de la información, diseñado a partir de una estrategia pedagógica que promueva el desarrollo de habilidades metacognitivas como planeación, monitoreo, autoevaluación y control en el aprendizaje, podría ser un aporte para ayudar al desarrollo de capacidades autorreguladoras y a reducir el bajo rendimiento académico. Estudios muestran que la interacción con escenarios de aprendizaje apoyados en TIC que incorporan estrategias metacognitivas, mejoran la capacidad autorreguladora y, por ende, el rendimiento académico del estudiante (Maldonado *et al.*, 1999; Azevedo, 2005; Bernacki, Aguilar y Byrnes, 2010).

Desde el punto de vista de la validación de estos escenarios de aprendizaje, basados en sistemas metacognitivos de monitoreo y control, autores como Azevedo *et al.* (2005) confirman el potencial de la elaboración de modelos mentales más complejos y mayor nivel de comprensión en los estudiantes, donde se evidencia un desarrollo creciente en los procesos metacognitivos, como planeación, monitoreo y uso efectivo de estrategias de aprendizaje. En este sentido, se pensaría que una propuesta para diseñar un ambiente virtual metacognitivo compuesto por mecanismos de autodiagnóstico, planeación de estrategias, autoevaluación, monitoreo y control, sería un elemento de ayuda para que el estudiante pudiera reflexionar sobre su aprendizaje, autoevaluar sus logros, y replantear sus metas y la efectividad de sus estrategias.

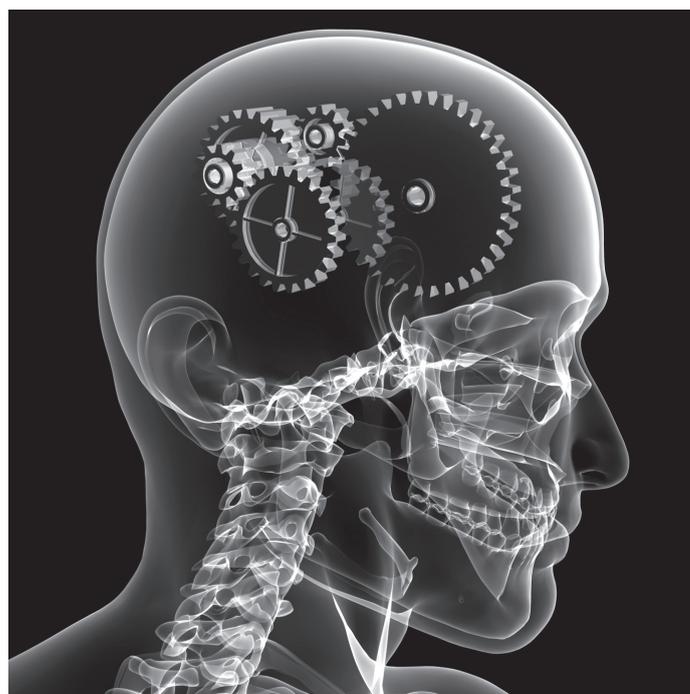
Metacognición y escenarios de aprendizaje

El interés de investigar el efecto de un andamiaje que incorpora estrategias de motivación, planeación, monitoreo y control sobre el aprendizaje, toma como referente el estudio de la metacognición. Las tesis planteadas por Flawell (1979), Brown (1987), Nelson y Narens (1990); Metcalfe y Shimamura (1994), Hacker, Dunlosky y Graesser (1998) fundamentan su estudio en un escenario que induce a desarrollar la autorregulación, donde el estudiante participe y construya de manera activa su aprendizaje de forma que pueda fijarse metas, implementar estrategias, monitorizar y evaluar su conocimiento, reflexionar sobre sus afectos y su comportamiento (Pintrich, 2000). Este proceso explica la interacción triádica entre la persona, el comportamiento y el contexto (Zimmerman, 2000).

La metacognición, considerada como un proceso ejecutivo de alto nivel, monitorea y coordina otros procesos cognitivos que comprometen el aprendizaje (Tobias y Everson, 2002, 2009). En este sentido, Tobias y Everson (2000) la definen como la capacidad de los individuos para planificar, monitorear y evaluar su propio aprendizaje. De acuerdo con Pintrich, Walters y Baxter (2000), estas acciones se pueden ejecutar a partir de tres componentes: 1) conocimiento sobre la metacognición, 2) habilidad para monitorear los procesos propios del aprendizaje de la persona y 3) metahabilidad para controlar estos procesos. Este marco pone en evidencia los aspectos necesarios para desarrollar la metacognición que es objeto de estudio a partir de la incorporación de estrategias de monitoreo y control. Un sistema de monitoreo y control que les permita a los estudiantes evaluar lo que han aprendido y lo que aún les falta por aprender sería el contexto apropiado para adquirir habilidades metacognitivas. Con esto se infiere la existencia de andamiajes metacognitivos para que el alumno evalúe su conocimiento

durante el aprendizaje, replantee sus metas y estrategias a partir de acciones de control, actuando sobre nuevos materiales de estudio o finalizando su proceso de aprendizaje.

Un escenario apropiado para desarrollar la metacognición que tenga en cuenta la persona, el ambiente y la conducta (Bandura, 1991; Zimmerman, 2000) está definido por la regulación de los procesos internos de la persona, relacionados con sus estados cognitivos y afectivos, la regulación del comportamiento consistente en los procesos de monitoreo y el uso de estrategias para actuar y la regulación del ambiente referida a la observación y la acomodación del individuo. Asimismo, existe otro factor que también es monitorizable: la motivación. La unión de estos factores constituyen lo que se denomina *aprendizaje autorregulado* (Zimmerman, 2000). En este contexto, la metacognición permea todas las acciones de autorregulación en la medida que actúa en sus diferentes fases durante el proceso de aprendizaje.



Basados en el modelo cíclico del aprendizaje autorregulado propuesto por Zimmerman (2000), se da una manifestación de la metacognición en cada una de sus fases. Al observar la fase de preparación se observan procesos metacognitivos como: análisis de la tarea, fijación de metas y planeación de estrategias y procesos motivacionales como el interés por la tarea, su motivación intrínseca y la autoeficacia. La fase de desempeño se caracteriza por el uso de estrategias metacognitivas de monitoreo y control. En la fase de autorreflexión, el aprendiz reflexiona sobre su conocimiento y reacciona de acuerdo con su desempeño (Zimmerman y Tsikalas, 2005). Las tres fases involucran la metacognición como un activador de la autorregulación.

La metacognición interviene en un entorno de aprendizaje autorregulado a partir de la fijación de metas, el monitoreo, la regulación y el control de la cognición, la motivación y el

Metodología

La investigación se desarrolló a partir de un estudio preexperimental que buscó probar la efectividad de la interacción de los estudiantes con el andamiaje metacognitivo incorporado en un ambiente de aprendizaje computacional. Para comparar los datos obtenidos del preexperimento se utilizó la prueba estadística *t* para variables relacionadas pretest y postest de los estudiantes que participaron en el proceso de aprendizaje de uso de estrategias metacognitivas. Así mismo, utilizando el cuestionario de autorreporte MSLQ (Pintrich, Smith, García y McKeachie, 1991) se analizó la capacidad autorreguladora en lo referente a los aspectos metacognitivos, alcanzada por los estudiantes en el ambiente de aprendizaje.

Participantes

El grupo de personas que intervinieron en el experimento fueron estudiantes de primer semestre del programa de Licenciatura en

comportamiento, estas acciones orientan al aprendiz para alcanzar los logros del aprendizaje (Pintrich, 2000). Si se observa el factor de la metacognición como un componente que actúa en todas las fases de la autorregulación se podría derivar su efecto en el logro de aprendizaje y el desarrollo de la capacidad autorreguladora. En esta dimensión, el estudio que se presenta indaga sobre el uso de estrategias metacognitivas como un elemento transformador del logro de aprendizaje y la capacidad autorreguladora de los estudiantes. Un escenario propicio para observar el fenómeno es un ambiente de aprendizaje que promueva el uso de estrategias metacognitivas. Para ello esta investigación buscó determinar si un ambiente de aprendizaje computacional que incluye el uso de estrategias metacognitivas de planeación, autoevaluación, monitoreo y control afecta el logro académico y la habilidad autorreguladora de los estudiantes.



Diseño Tecnológico de la Universidad Pedagógica Nacional, con edades entre 16 y 20 años, quienes trabajaron durante seis semanas, interactuando con el ambiente virtual en temáticas de matemática básica, relacionadas con los conocimientos previos que los estudiantes deberían tener para el estudio de la asignatura de matemáticas I.

Procedimiento

El proceso que siguió el estudio incluyó la intervención a los estudiantes en las siguientes etapas:

Aplicación del cuestionario MSLQ (Motivated Strategies for Learning Questionnaire) de Pintrich, utilizado como pretest para indagar sobre las características autorreguladoras.

- Aplicación de una prueba de conocimientos matemáticos (pretest).
- Interacción con el ambiente de aprendizaje, donde el estudiante explora todos los elementos cognitivos y metacognitivos adaptados en el entorno de aprendizaje. En este espacio puede acceder de manera libre a los diferentes módulos, seleccionar el orden que va a orientar su estudio. Cada módulo está dispuesto para que el estudiante pueda realizar un diagnóstico de la eficacia sobre los retos que le plantea el ambiente y una evaluación de su conocimiento. Los resultados generados de estas pruebas son

mostrados por el sistema al estudiante con el fin de realizar una planeación a través de la formulación de metas, la definición de estrategias de aprendizaje y la proyección del tiempo de estudio. El siguiente proceso está dirigido a que el estudiante desarrolle la tarea de acuerdo con lo planeado; en este espacio, el sistema asiste al alumno a través de mensajes metacognitivos que indagan sobre sus avances y efectividad de las estrategias utilizadas. Un elemento disponible del sistema es la herramienta de evaluación que puede ser utilizada por el estudiante permanentemente con el fin de controlar su progreso en el aprendizaje.

- Aplicación de prueba de conocimientos matemáticos (postest).
- Aplicación de la prueba MSLQ para contrastar los resultados de la capacidad autorreguladora inicial.
- Prueba de usabilidad para evaluar el ambiente.

Instrumentos

Los instrumentos que se aplicaron en este estudio corresponden a pruebas de conocimiento y cuestionario de autorreporte. Las pruebas de conocimiento realizadas antes y después de la interacción con el *ambiente de aprendizaje*, incluyeron ejercicios y problemas relacionados con los temas matemáticos de cada uno de los módulos.

El cuestionario MSLQ (Pintrich, Smith, García y McKeachie, 1991), aplicado antes y después de la intervención con el ambiente de aprendizaje es un instrumento de autorreporte utilizado en la medición de las habilidades de autorregulación, consiste en 81 preguntas, distribuidas en sesiones de motivación, de estrategias cognitivas y metacognitivas y una sesión relacionada con estrategias para el manejo de recursos. El instrumento mide dos grandes aspectos de la autorregulación del aprendizaje: motivación y estrategias de

aprendizaje. El primero abarca estrategias tanto cognitivas como metacognitivas y el segundo mide aspectos motivacionales como: orientación a metas intrínsecas, orientación a metas extrínsecas, valor de la tarea, control del aprendizaje, autoeficacia y ansiedad. La respuesta a las preguntas se responden con una escala de Likert de 7 puntos distribuidos en estar “completamente en desacuerdo” hasta estar “absolutamente de acuerdo”. La adaptación de la prueba a las condiciones educativas de los estudiantes incluyó la traducción y validación, teniendo en cuenta el lenguaje de los estudiantes. El cuestionario se transcribió a un formato digital para ser aplicado en la plataforma Google docs. La validez y confiabilidad da un alfa de Cronbach de 0,87, valor que se estima con una confiabilidad alta, lo cual muestra que la prueba tiene una validez significativa para este estudio.

Ambiente de aprendizaje computacional

El ambiente de aprendizaje utilizado en esta investigación está diseñado a partir del modelo de procesamiento de información de Winne & Hadwin (1997) e incorpora un sistema metacognitivo. Este escenario consiste en andamiaje metacognitivo conectado al ambiente de la tarea que incluye un entorno de entrenamiento apoyado por un sistema de retroalimentación. Está constituido por cinco componentes denominados: exploración inicial, diagnóstico, planeación, unidad de aprendizaje y monitoreo y control.

Exploración inicial. El propósito de este componente es que el estudiante conozca la interfaz del ambiente. De esta forma, el entorno le permite realizar el registro de usuario, seleccionar la unidad de aprendizaje, conocer las herramientas de apoyo para estudiar las temáticas planteadas y finalmente, realizar un recorrido guiado por el material de estudio.

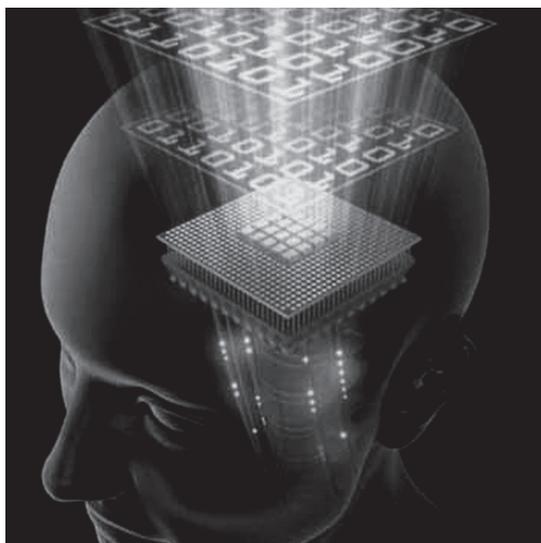
Diagnóstico. Este componente presenta una interface para que el estudiante realice una autorreflexión sobre los conocimientos previos en la temática de estudio seleccionada, las creencias de sus capacidades para aprender el tema. La realización de una evaluación inicial de conocimientos es el punto de partida del

estudiante. El objetivo del diagnóstico es que el estudiante reflexione sobre sus conocimientos previos y reconozca el estado de aprendizaje en el que se encuentra.

Planeación. Esta parte del ambiente busca que el estudiante realice la planeación de su proceso de aprendizaje, para ello se establecen cuatro elementos: el primer elemento de la planeación se enfoca en determinar una ruta de estudio, el estudiante tiene la posibilidad de planificar una estrategia de estudio adecuada a sus características y/o preferencias de aprendizaje, el escenario le provee un listado de opciones que el estudiante seleccione libremente la estrategia que mejor se acomode a su proceso. El siguiente elemento denominado formulación de metas se refiere a la fijación de objetivos de aprendizaje basada en los resultados de la evaluación inicial y el diagnóstico. En esta fase, el estudiante debe planificar sus metas de aprendizaje, su confianza para lograr la meta seleccionada, y el tiempo de estudio, el escenario dispone de un espacio para explorar estas opciones. El siguiente elemento se refiere a la planeación de recursos, el estudiante planeará qué recursos utilizará del ambiente de acuerdo con las estrategias de aprendizaje que ha seleccionado.

Entrenamiento en el dominio. Se refiere a la interacción con las unidades temáticas dispuestas en el ambiente (Winne & Hadwin, 1998). La estructura principal de los diferentes objetos y recursos con los que cuenta cada unidad de aprendizaje se encuentra dispuesta para que el estudiante desarrolle su proceso de aprendizaje de los contenidos temáticos de matemática básica propuestos en el escenario.

Monitoreo y control. Es el sistema metacognitivo que activa el proceso de autorregulación en el estudiante consiste en un andamiaje compuesto por cuatro elementos: los activadores de juicios de metamemoria (Nelson & Narens, 1990), el autoevaluador, la matriz



de comparación de metas y resultados, y el cuadro de control de decisiones. El propósito del andamiaje se centra en hacer reflexionar al estudiante acerca de su proceso de aprendizaje, así como controlar sus acciones en la medida que no esté alcanzando las metas propuestas. Los activadores de juicios funcionan como llamados de atención que motivan al estudiante a reflexionar acerca del cumplimiento de su planeación. Estos activadores se disponen a manera de preguntas. El autoevaluador es un sistema de retroalimentación que le indica al

estudiante su nivel de conocimiento alcanzado una vez que ha estudiado una unidad de aprendizaje. La matriz de comparación de metas y resultados muestra la meta fijada por el estudiante y el resultado de su autoevaluación, la función de la matriz es comparar los datos para tomar decisiones acerca de las acciones a seguir. Finalmente se dispone del cuadro de control de decisiones que establece interrogantes acerca de avanzar a una nueva unidad de aprendizaje o replantear las decisiones tomadas en la planeación.

Resultados

Para medir el conocimiento de los estudiantes se aplica una prueba inicial antes de intervenir en el estudio con el ambiente de aprendizaje. Este proceso se repite al final del estudio con el *ambiente* para comparar los resultados de las evaluaciones y así determinar los avances en el logro de aprendizaje. Mediante la prueba *t* para variables relacionadas se realiza el análisis, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 1.

La tabla 1 muestra los resultados en todos los módulos. Las diferencias en el tamaño de las muestras se justifican por la autonomía en los estudiantes para el manejo del tiempo y en el número de unidades.

Los valores de la tabla 1 evidencian un incremento significativo en cinco de los siete

módulos estudiados, y en el promedio general, donde el valor de la probabilidad de error (Sigbilateral) es menor de 0,05. Los módulos relacionados con “Números racionales” y “Sistemas de ecuaciones lineales” no muestran un aumento significativo diferenciado entre el pretest y el postest.

Resultados en metacognición

Con el cuestionario MSLQ se realiza la medición de la capacidad autorreguladora en la parte que corresponde a la metacognición, antes y después de la interacción de los estudiantes con el ambiente virtual. Los elementos verificados corresponden a la planeación, el monitoreo y el control desarrollados por el estudiante en interacción con el ambiente y

Tabla 1. Valores prueba *t-student* para muestras relacionadas pretest-postest

Unidad de aprendizaje	Pretest	Postest	Diferencia de las medias	t	gl	Sig. (bilateral)
Números racionales	6,00	6,79	0,79	1,21	13	0,25
Potencias, raíces y logaritmos	6,75	7,75	1,00	2,94	19	0,01
Operaciones con polinomios	6,14	7,43	1,29	2,98	20	0,01
Productos notables	6,16	7,42	1,26	3,08	18	0,01
Factorización	6,80	8,15	1,35	3,38	19	0,00
Ecuaciones	6,80	7,67	0,87	2,10	14	0,05
Sistemas de ecuaciones lineales	6,70	7,30	0,60	0,82	9	0,43
Promedio de puntaje de los módulos	6,52	7,57	1,05	3,36	20	0,00

Tabla 2. Valores prueba *t-student* para muestras relacionadas en las categorías del instrumento MSLQ

Variables	Medias relacionadas			t	gl	Sig. (bilateral)
	MSLQ-Pre	MSLQ-Post	Diferencias			
Autorregulación metacognitiva	4,90	4,80	-0,10	-0,57	20	0,57
Aprendizaje de pares	4,65	4,86	0,21	0,63	20	0,54
Búsqueda de ayuda	5,02	4,86	-0,17	-0,75	20	0,46
Regulación del esfuerzo	5,05	5,12	0,07	0,40	20	0,70
Tiempo y ambiente de estudio	4,70	4,47	-0,23	-1,14	20	0,27
Autoeficacia para el aprendizaje y desempeño	5,92	5,56	-0,36	-2,11	20	0,05
Control del aprendizaje	5,67	5,66	-0,01	-0,06	20	0,95
Orientación a metas extrínsecas	6,02	5,70	-0,32	-1,43	20	0,17
Orientación a metas intrínsecas	6,13	5,80	-0,33	-2,53	20	0,02
Valor de la tarea	6,18	5,80	-0,37	-1,97	20	0,06
Estrategias de manejo de recursos	4,86	4,83	-0,03	-0,22	20	0,83

su efecto en el aprendizaje. En relación con la autorregulación se buscaba, específicamente, observar el efecto en el desarrollo de la habilidad para monitorizar el aprendizaje. Las categorías tenidas en cuenta en el análisis se determinaron a partir de los componentes de la autorregulación: autorregulación metacognitiva, aprendizaje de pares, búsqueda de ayuda, regulación del esfuerzo, tiempo y ambiente de estudio, autoeficacia para el aprendizaje y desempeño, control del aprendizaje, orientación a metas extrínsecas, orientación a metas intrínsecas, valor de la tarea, estrategias de manejo de recursos.

Las parejas de datos sujetas a comparación, mediante el análisis con prueba *t* para variables relacionadas, generaron los resultados que se indican en la tabla 2.

En la tabla 2 se observan los resultados derivados de comparar los puntajes de las categorías analizadas del cuestionario MSLQ entre el pretest y el posttest, aplicando la prueba *t* para muestras relacionadas. Solamente las categorías de autoeficacia para el aprendizaje y desempeño, y orientación a metas intrínsecas presentan diferencias significativas con valores de 0,048 y 0,020 respectivamente.

El promedio en el pretest de la categoría autoeficacia dio un valor de 5,917, en tanto que el promedio del posttest registra un decremento a 5,560, es decir, existe una disminución significativa en la autoeficacia. Igual situación se presentó en la orientación a metas intrínsecas, donde la media se redujo de 6,131 a 5,802. La variación de las demás categorías no fue significativa.

Los estudiantes principiantes de Licenciatura en áreas tecnológicas, tradicionalmente han mostrado un bajo rendimiento en matemáticas, esto ha generado una tasa de reprobación alta, cuyos efectos han conducido a la deserción.

Discusión y conclusiones

Los estudiantes principiantes de Licenciatura en áreas tecnológicas, tradicionalmente han mostrado un bajo rendimiento en matemáticas, esto ha generado una tasa de reprobación alta, cuyos efectos han conducido a la deserción. Esta situación se puede atribuir al nivel de conocimiento en el área con que llegan a primer semestre. Algunas causas hipotéticas se podrían atribuir a la baja preparación recibida en su bachillerato y el bajo nivel de autorregulación en su proceso de aprendizaje.

Las razones anteriores abren un espacio de estudio, orientado a proponer la elaboración de un ambiente de aprendizaje computacional que incorporó un andamiaje metacognitivo, diseñado a partir del modelo de procesamiento de la información de Hadwin y Winne (2001). A partir del entrenamiento en este programa de computador se esperaba que los estudiantes superaran sus deficiencias conceptuales y operativas en el estudio de las matemáticas.

Los resultados señalan dos hechos fundamentales: en primer lugar, el entrenamiento con el ambiente computacional mejoró el logro académico, y en segundo lugar, la interacción con el andamiaje disminuyó la autoeficacia y la orientación a metas intrínsecas. En síntesis, el efecto del ambiente de aprendizaje se demostró en el desarrollo de habilidades cognitivas, contrario a la autorregulación, donde no se mostraron diferencias.

El control total por parte del estudiante en algunos aspectos como: el tiempo de permanencia, el orden para acceder a los módulos, las tareas desarrolladas por el estudiante, las estrategias utilizadas durante el estudio, los recursos, la búsqueda de ayuda del docente y sus compañeros, la cantidad de autoevaluaciones y los momentos de autoevaluarse tuvieron un efecto positivo en la superación de las dificultades académicas. No obstante, los estudiantes, al provenir de diferentes escuelas, presentaron dificultades diversas; sin embargo,

el uso del ambiente de aprendizaje les permitió demarcar su propia ruta de aprendizaje, buscando superar sus debilidades, detectadas en la etapa de diagnóstico. Lo anterior se justifica con el análisis de la percepción de los alumnos respecto del ambiente, donde ellos reconocen la importancia de ser conscientes de las potencialidades y dificultades en relación al aprendizaje de las matemáticas que cada uno posee, y toman conciencia de la importancia que representa para el aprendizaje, fijarse metas, planear, evaluarse y monitorear su aprendizaje.

En cuanto a la capacidad autorreguladora de los estudiantes, en principio no todos los estudiantes mostraron avances en el desarrollo de esta habilidad, probablemente el desconocimiento en el uso de estrategias metacognitivas y el reducido tiempo de entrenamiento no dejaron ver estas características. Los hallazgos de la aplicación del MSLQ (Pintrich *et al.*, 1991) no plantean diferencias en los componentes como: la metacognición, la búsqueda de ayuda, el aprendizaje de pares, la regulación del esfuerzo, el control sobre el aprendizaje, el tiempo y ambiente de estudio, la orientación a metas extrínsecas, el valor de la tarea y las estrategias de manejo de recursos. Estos resultados coinciden con los estudios de Mevarech y Kramaski (1997), quienes concluyen que con mayor tiempo de entrenamiento metacognitivo los estudiantes pueden desarrollar de manera eficiente las habilidades de planeación, monitoreo y control (Scholl *et al.*, 2009). En conclusión, se podría pensar que el paso de un ambiente heterorregulado a uno regulado requiere de una etapa intermedia, donde la responsabilidad del control del aprendizaje se comparta entre el estudiante y el docente.

La autoeficacia para el aprendizaje y desempeño y la orientación a metas intrínsecas, medidas con el mismo MSLQ, mostraron resultados que convergen en una disminución entre la aplicación inicial y la final, lo que

podría deberse a la imprecisión en la fijación de metas por parte del estudiante debido al poco conocimiento sobre el tema a estudiar y su imprecisión al hacer juicios sobre su conocimiento. Así mismo, se puede suponer que el monitoreo del aprendizaje afecta la autoeficacia cuando está sobrevalorada, recuperándose en la medida que se logre un efectivo control que repercuta en el logro académico. Ya algunos investigadores han venido tratando este problema (Hart, 1966; Nelson y Narens, 1990; Thiede, Anderson y Therriault, 2003; Isaacson y Fujita, 2006). Probablemente existen algunas causas que inciden en esta problemática, como el sistema de evaluación y promoción implementado en la educación básica y media, consistente en la imposición de un modelo que intenta disminuir la repitencia, lo que podría conducir a reducir la calidad de los aprendizajes, aspecto que se pone de manifiesto en los resultados de pruebas nacionales e internacionales. En síntesis, se puede inferir que la promoción académica alcanzada con escasos aprendizajes conduce a pensar en una falsa sensación de saber, dando como resultado una autoeficacia sobrevalorada en los estudiantes.

La interacción en el ambiente de aprendizaje sirvió para que los estudiantes fueran más conscientes de sus propios conocimientos, situación que pudo haber implicado una disminución en los puntajes de autoeficacia; en consecuencia, fue más importante aprobar

la asignatura (orientación extrínseca), lo que probablemente afectó los resultados en la orientación a metas intrínsecas. Al contrastar estos resultados con las percepciones de los estudiantes sobre la importancia de realizar un diagnóstico, de planear, evaluar y monitorear su aprendizaje, se deduce una valoración positiva del modelo, aplicado a desarrollar estrategias metacognitivas; lo cual sigue a otros modelos desarrollados con apoyo de tecnologías digitales (Azevedo *et al.*, 2005; Dabbagh y Kitsantas, 2005).

Estudios previos muestran la importancia de los andamiajes metacognitivos en el desarrollo de habilidades autorreguladoras (Sanabria, Ibáñez y Quintero, 2011; López y Valencia, 2012; Maldonado *et al.*, 1999; Azevedo *et al.*, 2005). Si bien es cierto que el efecto de la estrategia metacognitiva no evidenció un mejoramiento en la capacidad autorreguladora, sí sirvió para fomentar el uso de herramientas para monitorizar y controlar el aprendizaje, incrementando la capacidad de reflexión y evaluación sobre lo que se va aprendiendo. Tal vez, el incremento en el tiempo de entrenamiento en el uso de estrategias metacognitivas mejora la capacidad autorreguladora de los estudiantes, tal como lo han demostrado Mevarech y Kramasky (2003).

En cuanto al uso del sistema de evaluación, se puede afirmar que tanto las evaluaciones objetivas como las subjetivas mostraron un avance significativo en la comprensión de conceptos de temas tratados y a la competencia de tipo operativo. En este sentido, existe una diferencia entre el reconocimiento de la importancia de evaluarse, planear y monitorearse, y poner en práctica lo planeado. La dificultad puede radicar en el uso efectivo de estrategias de aprendizaje, especialmente aquellas específicas del área de matemáticas. En general, la herramienta de autoevaluación resultó ser muy útil para monitorear de forma objetiva los aprendizajes, pues les permitió a los estudiantes identificar logros y dificultades en la comparación permanente con las metas trazadas.

Los estudiantes, al provenir de diferentes escuelas, presentaron dificultades diversas; sin embargo, el uso del ambiente de aprendizaje les permitió demarcar su propia ruta de aprendizaje, buscando superar sus debilidades, detectadas en la etapa de diagnóstico.

Referencias

- Azevedo, R. (2005): Computer Environments as Metacognitive Tools for Enhancing Learning. *Educational Psychologist* 40 (4), 193-197.
- Azevedo, R.; Cromley, J.G.; Winters, F.I.; Moos, D.C. y Greene, J.A. (2005): Adaptive human scaffolding facilitates adolescents' self-regulated learning with hypermedia. *Instructional Science*, 33, 381-412.
- Bandura, A. (1991): Social Cognitive Theory of Self-Regulation. *Organizacion Behavior and Human Decision Processes*, 50, 248-287.
- Bernacki, M. L.; Aguilar, A. C. y Byrnes, P. J. (2010): Self-Regulated Learning and Technology-Enhanced learning Environments: An Opportunity-Propensity Analysis. En: G. Dettori y D. Persico (eds.). *Fostering Self-Regulated Learning through ICT* (pp. 1-26). Hershey, PA: Information Science Reference Published.
- Brown, A. (1987): Metacognition, executive control, self-regulation and other mysterious mechanisms. En: F.E. Weinert y R.H. Kluwe (eds.). *Metacognition, motivation and understanding* (pp. 65-116). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chang, M. (2007): Enhancing Web-based language learning through self-monitoring. *Journal of Computer Assisted Learning* 23(3), 187-196.
- Dabbagh, N. y Kitsantas, A. (2005): Using Web-based pedagogical tools as scaffolds for self-regulated learning. *Instructional Science*, 33, 513-540.
- Flawell, J. H. (1976): Metacognitive aspects of problem solving. En: I. Resnick (ed.). *The nature of intelligence* (pp. 231-235). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- González, O.; Martínez-Conde, M. y Melipillán, R. (2009): Estrategias de aprendizaje y autoestima. Su relación con la permanencia y deserción universitaria. *Estudios Pedagógicos XXXV, N° 1*: 27- 45.
- Hacker, D. J.; Dunlosky, J. y Graesser, A. C. (eds.). (1998): *Metacognition in educational theory and practice*. Londres: Routledge.
- Hadwin, A. y Winne, P. (2001): CoNoteS2: A software tool for promoting self-regulation. *Educational Research and Evaluation* 7 (2-3), 313-334.
- Hadwin, A. y Winne, P. (1997): Studying as self-regulated learning. In D. J. Hacker & A. C. Graesser (Eds.), *Metacognition in Educational Theory and Practice* (pp. 279-306). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Hart, J. (1966): Methodological note on feeling-of-knowing experiments. *Journal of Educational Psychology*, 57, 347-349.
- Himmel, E. (2003): Evaluación de aprendizajes en la Educación Superior: Una reflexión necesaria. *Pensamiento Educativo*, 33: 199-211.
- http://www.mineduacion.gov.co/1621/propertyvalues-31338_tablero_pdf.pdf.
- Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (Icfes) (2011): *Informe del examen de Estado de la educación media. Resultados del periodo 2005-2010*. Bogotá: Icfes.
- Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (Icfes) (2012): *Principales resultados en competencias genéricas Saber PRO 2011*. Bogotá: ICFES.
- Isaacson, R. M. y Fujita, F. (2006): Metacognitive Knowledge Monitoring and Self-Regulated Learning: Academic Success and Reflections on Learning. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning* 6 (1), 39-55.
- López, O. y Valencia, N. (2012): Diferencias individuales en el desarrollo de la autoeficacia y el logro académico: el efecto de un andamiaje computacional. *Acta Colombiana de Psicología*, 15(2), 29-41.
- Maldonado, L. F. et al (1999): *Metacognición y razonamiento espacial en juegos de*

- computador. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Metcalf, J. y Shimamura, A. (1994): *Metacognition: Knowing about knowing*. Cambridge: The MIT Press.
- Mevarech, Z. y Kramarski, B. (1997): IMPROVE: a multidimensional method for teaching mathematics in heterogeneous classrooms. *American Educational Research Journal*, 34, 365-394.
- Ministerio de Educación Nacional (MEN) (2003): Cuatro estrategias contra la repitencia y la deserción. *Altablero*, No. 21, 11.
- Nelson, T. y Narens, L. (1990): Metamemory: A theoretical framework and new findings. En: G. Bower (ed.). *The Psychology of Learning and Motivation*. Vol. 26. Nueva York: Academic Press.
- Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. En: M. Boekaerts, P. R. Pintrich y M. Zeidner (eds.). *Handbook of Self-Regulation* (pp. 451-502). San Diego, CA: Academic Press.
- Pintrich, P. R.; Smith, D.A.F.; García, T. y McKeachie, W. J. (1991): *A manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ) (Technical Report No. 91-B-004)*. Ann Arbor, MI: University of Michigan, National Centre for Research to Improve Postsecondary Teaching and Learning.
- Pintrich, P. R.; Walters, C. y Baxter, G. (2000): Assessing metacognition and self-regulated learning. En: G. Schraw y J. Impara (eds.). *Issues in the measurement of metacognition* (pp. 43-97). Lincoln, NE: Buros Institute of Mental Measurements.
- PISA (2003): Literacy skills for the world of tomorrow. Further results from PISA 2000. París.
- Sanabria, L.; Ibáñez, J. y Quintero, V. (2011): *Nivelación en el aprendizaje de las matemáticas a través de un sistema de autorregulación en un ambiente b-learning. Informe de Investigación DTE-259-11*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Scholl, P. et al (2009): Implementation and Evaluation of a Tool for Setting Goals in Self-regulated Learning with Web Resources. En: U. Cress, V. Dimitrova y M. Specht (eds.). *EC-TEL 2009, LNCS 5794* (pp. 521-534). Berlín: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Thiede, K. W.; Anderson, C. M. y Theriault, D. (2003): Accuracy of metacognitive monitoring affects learning of texts. *Journal of Educational Psychology*, 95, 66-75.
- Tobias, S. y Everson, H.T. (2000): Assessing metacognitive knowledge monitoring. En: G. Schraw y J. C. Impara (eds.). *Issues in the measurement of metacognition* (pp. 147-222). Lincoln, NE: Buros.
- Tobias, S. y Everson, H. T. (2002): *Knowing what you know and what you don't: Further research on metacognitive knowledge monitoring (College Board Report. No. 2002-03)*. Nueva York: College Board.
- Tobias, S. y Everson, H T. (2009): The importance of knowing what you know: A knowledge monitoring framework for studying metacognition in education. En: D. J. Hacker, J. Dunlosky y A. C. Graesser (eds.). *Handbook of metacognition in education* (pp. 107-127). Nueva York, NY: Routledge.
- Zimmerman, B. (2000): Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. En: M. Boekaerts, P. R. Pintrich y M. Zeidner (eds.). *Handbook of Self-Regulation* (pp. 13-39). San Diego, CA: Academic Press.
- Zimmerman, B. y Tsikalas, K. (2005): Can Computer-Based Learning Environments (CBLEs) be used as self-regulatory tools to enhance learning? *Educational Psychologist* 40 (4), 267-271.