

Resumen

En el presente trabajo se examina la relación existente entre dos estrategias didácticas, el andamiaje y el aprendizaje en parejas, con respecto al desarrollo de habilidades autorreguladoras en estudiantes de educación básica secundaria, a partir de la interacción con un ambiente hipermedia para el aprendizaje de transformaciones geométricas en el plano. Este software fue especialmente diseñado para el estudio. En el estudio participaron 128 estudiantes de cuatro cursos del grado décimo del Instituto Educativo Distrital INEM “Santiago Pérez”, Tunal de Bogotá. Los cursos fueron asignados aleatoriamente a una de cuatro condiciones de trabajo: (hipermedia con andamiaje - aprendizaje individual, hipermedia con andamiaje - aprendizaje en parejas, hipermedia sin andamiaje - aprendizaje individual e hipermedia sin andamiaje - aprendizaje en parejas). Se utilizó el cuestionario MSLQ para medir el desarrollo de habilidades autorreguladoras y se realizó un análisis multivariante de varianza. Los resultados indicaron que el aprendizaje en parejas y el uso de un andamiaje autorregulador, se relacionan significativamente con el desarrollo de habilidades de aprendizaje autorregulado.

Palabras clave

Aprendizaje autorregulado, hipermedia, andamiaje, aprendizaje en parejas, ciencias.

Abstract

This study evaluates the relationship between two learning strategies: scaffolding and co-regulation with respect to the development of self-regulatory skills among medium school students by means of the interaction with a hypermedia environment about the learning of geometric transformations in the plane. This software was specially designed for this study. The participants were 128 students from four courses of tenth grade at the INEM “Santiago Perez”, Tunal, Bogotá. The courses were randomly assigned to one of four work conditions: (scaffolding hypermedia-individual learning, scaffolding hypermedia-couples learning, hypermedia without scaffolding- individual learning and hypermedia without scaffolding couples learning). MSLQ questionnaire was used to measure self-regulatory skill development and the methodology used multivariate analysis of variance. The results indicated that learning in pairs and using self-regulatory scaffolding were significantly related to the development of self-regulated learning skills.

Key words

Self-regulated learning, hypermedia, scaffolding, co-regulation, science.

Efecto de un andamiaje para facilitar el aprendizaje autorregulado en ambientes hipermedia¹

Omar López Vargas²

Christian Hederich Martínez³

Introducción

En la actualidad, los Ambientes de Aprendizaje Basados en Computador -AABC-, son cada vez más comunes en las aulas de clase. Estos apoyan el desarrollo de diferentes procesos de aprendizaje en los estudiantes en distintos dominios del conocimiento. En el contexto educativo son cada vez más comunes el uso de escenarios computacionales como el hipermedia, hipertextos, ambientes de aprendizaje colaborativo y basados en la *Web* para apoyar el aprendizaje de los estudiantes por cuanto éstos favorecen el seguimiento de metas personales, la libre navegación por los nodos de información y la resolución de diferentes situaciones problemáticas (Jonassen, 1989; Jacobson & Archodidou, 2000). Algunas de sus ventajas en comparación con la enseñanza tradicional, en teoría son: su potencial para que los estudiantes aprendan a su propio ritmo de aprendizaje respetando sus diferencias individuales, su capacidad para permitir modos de interacción diferenciados durante el aprendizaje tanto individualmente como en colaboración entre pares y, la capacidad de articular diferentes formatos en forma simultánea para la presentación de la información, entre otras. Las anteriores características permiten que estos ambientes se conviertan en escenarios propicios para desarrollar y enseñar la autonomía en el aprendizaje en los estudiantes.

¹ Texto recibido el 16 de marzo, evaluado el 14 y 23 de abril, y arbitrado el 27 de mayo de 2010.

² Magíster en Tecnología de la Información Aplicada a la Educación (Universidad Pedagógica Nacional), Candidato a Doctor en Educación (Universidad Pedagógica Nacional), Profesor Asociado e Investigador en el Grupo Estilos Cognitivos de la Universidad Pedagógica Nacional. correo: olopezv@pedagogica.edu.co, omarlo100@gmail.com

³ Doctor en Psicología (Universidad Autónoma de Barcelona), Profesor titular y Coordinador del Grupo de Investigación Estilos Cognitivos (Universidad Pedagógica Nacional). Correo: christian.hederich@gmail.com

Los sistemas hipermedia son un tipo de AABC, que consisten básicamente en bases de conocimiento conectadas a través de nodos de información no lineales en donde el aprendiz puede acceder a la información desde cualquier nodo y el número de veces que desee. La información contenida en estos nodos puede ser representada en varios formatos (texto, gráficos, video, sonido y animación). La estructura de estos ambientes le permite al estudiante un mayor control sobre los contenidos y mejores niveles de interactividad (Handal & Herrington, 2004). Además, se ha argumentado que los escenarios hipermedia motivan al aprendiz a construir su propio conocimiento de forma significativa (Liu & Reed, 1994; Melara, 1996).

En algunos estudios se evidencia que el aprender en ambientes hipermedia exige que el estudiante regule su aprendizaje. Es decir, el aprendiz tiene que tomar decisiones sobre qué aprender, cómo aprenderlo, cuánto tiempo interactuar con el ambiente, cómo y cuándo acceder a las ayudas que el software tiene implementadas y cómo autoevaluar su nivel de comprensión con respecto al dominio de conocimiento en estudio (Jacobson & Archodidou, 2000; Brush & Saye, 2001; Land & Greene, 2000; Azevedo & Cromley 2004; Azevedo 2005). Específicamente, los estudiantes necesitan analizar la situación de aprendizaje, establecer metas de aprendizaje, determinar qué estrategias usar, evaluar, en su momento, la eficacia de las estrategias utilizadas para el logro de las metas y valorar su conocimiento. De igual forma, los estudiantes necesitan monitorear su nivel de comprensión para modificar sus planes, metas, estrategias y esfuerzos en función de su proceso de aprendizaje (Pintrich 2000; Winne, 2001; Zimmerman, 2001); sin embargo, la mayoría de éstos presentan dificultades para regular su aprendizaje, situación que afecta negativamente la construcción de conocimiento cuando se enfrenta a temas desafiantes en el área de las ciencias (Azevedo, Guthrie & Seibert, 2004b; Brush & Saye, 2001; Jacobson & Archodidou, 2000; Land & Greene, 2000). En términos generales es claro que el uso de conductas autorreguladoras es mucho más importante en este tipo de ambientes que cuando el aprendizaje tiene lugar en las aulas de clase (Wilson, 1997).

En ambientes hipermedia, una solución potencial para facilitar el desarrollo de habilidades auto reguladoras en los estudiantes para abordar procesos de aprendizaje en temas de ciencias es el diseño e implementación de estrategias didácticas tales como el andamiaje y la colaboración entre parejas de aprendices⁴. El presente estudio analiza si un tipo de andamiaje y la colaboración entre pares (co-regulación), son estrategias eficaces para facilitar a los estudiantes el desarrollo de la habilidad para regular su aprendizaje cuando interactúan con un hipermedia.

Aprendizaje autorregulado

La evidencia muestra que algunos estudiantes, ya sea dentro o fuera del aula de clase, regulan de forma sistemática su propio proceso de aprendizaje. La mayoría de los

⁴ Estas dos estrategias serán explicadas con mayor detalle más adelante.

investigadores coinciden en afirmar que ellos construyen sus propias “herramientas” cognitivas y motivacionales para conseguir un aprendizaje eficaz (Winne, 1995). De acuerdo con Paris & Byrnes (1989) este tipo de estudiantes tienen alta motivación hacia el aprendizaje y en consecuencia, se formulan metas concretas, planifican actividades para el logro de esas metas, monitorean el desempeño durante la ejecución de tales actividades, se evalúan continuamente de acuerdo con las metas y criterios fijados y finalmente, valoran el producto del proceso de aprendizaje. Estos aprendices persisten ante dificultades en el desarrollo de las tareas y de forma continua mejoran y adaptan sus estrategias de aprendizaje en diferentes contextos y situaciones.

Schunk y Zimmerman (1994) definen el aprendizaje autorregulado como el proceso a través del cual los estudiantes activan y mantienen cogniciones, conductas y afectos orientados al logro de sus metas de aprendizaje. Por tanto, se puede afirmar, que los estudiantes que regulan su aprendizaje son capaces de construir conocimiento de forma significativa y orientarse intrínsecamente para el logro de metas de aprendizaje. En el entorno escolar, los estudiantes que se auto regulan son promotores activos de su propio proceso de aprendizaje y en consecuencia, obtienen mejores resultados en términos de logro académico. Esto se consigue a través de la puesta en práctica de una serie de estrategias metacognitivas, motivacionales y conductuales (Zimmerman, 1986). La utilización deliberada de estas estrategias no sólo permite al sujeto construir conocimiento de forma significativa, sino que conlleva un auto conocimiento respecto de las formas individuales más eficaces para utilizar o aplicar lo aprendido.

Conforme al planteamiento anterior, el estudiante que se regula estaría en capacidad de controlar tres dimensiones en el proceso de aprendizaje: la metacognición, la motivación y la conducta observable. Respecto a la dimensión metacognitiva, el sujeto sería capaz de conocer y manejar una serie de estrategias cognitivas y metacognitivas para llevar a cabo las tareas y conocerse a sí mismo como procesador de la información; además, saber qué necesita en términos de memoria, atención o conocimiento previo. De esta forma, podría planificar, fijar metas, organizarse, monitorear y autoevaluar las diferentes etapas de su proceso de aprendizaje y en esta medida, aprender de manera eficaz.

En cuanto a la motivación, los estudiantes que logran regular su aprendizaje, son capaces de controlar y hacer más realistas sus creencias personales sobre lo que son capaces de hacer cuando se enfrentan a una tarea o, sobre el tipo de metas que pueden formularse frente a una situación de aprendizaje. En este sentido, los estudiantes se perciben a sí mismos como competentes, autoeficaces y autónomos; por lo tanto, desarrollan creencias, expectativas y atribuciones positivas frente a las tareas de aprendizaje.

Finalmente, la autorregulación de la conducta implica convertirse en una persona activa para crear ambientes que optimicen el propio aprendizaje, para encontrar y seleccionar lugares adecuados de estudio y para buscar ayuda de otros cuando se requiera (Pintrich, 1995).

Aprendizaje autorregulado en ambientes hipermedia

En los sistemas hipermedia para el área de las ciencias, los estudiantes tienen acceso a una amplia gama de información representada como texto, gráficos, animación, audio y video; información que se encuentra estructurada de forma no lineal (Jonassen, 1989). Por otro lado, la navegación en estos entornos le exige al estudiante tomar ciertas decisiones sobre qué y cómo aprender, además de seleccionar el uso de una estrategia. Específicamente, los estudiantes necesitan analizar la tarea de aprendizaje, fijar metas, determinar la estrategia a utilizar, valorar la eficacia de la estrategia para alcanzar la meta y evaluar su nivel de comprensión sobre la temática de estudio, entre otras. Es decir, ellos requieren monitorear su proceso de aprendizaje para modificar sus planes, metas, estrategias y esfuerzo, en función de las condiciones de la tarea (metacognitivas, motivacionales y conductuales); de tal manera, que el aprendiz controle y reflexione sobre su proceso de aprendizaje y como consecuencia de ello, tome las acciones necesarias para alcanzar el logro académico deseado (Hadwin & Winne, 2001; Winne, 2001; Winne & Stockley, 1998). Por lo tanto, aprender en este tipo de escenarios exige del estudiante la regulación de su aprendizaje para que sea capaz de tomar decisiones sobre qué aprender, cómo aprenderlo, cuánto tiempo emplear, cómo acceder a las diferentes ayudas y de esta forma, determinar su nivel de comprensión sobre la tarea de aprendizaje (Williams, 1996). De acuerdo con Puntambekar y Hubscher (2005), generalmente los ambientes de aprendizaje basados en computador brindan al aprendiz una estructura coherente, con respecto al dominio de conocimiento a aprender, y poseen las ayudas necesarias para que éste termine con éxito la tarea asignada. Los investigadores afirman que, en estos escenarios, rara vez se abordan aspectos críticos a nivel pedagógico para apoyar a los estudiantes durante su proceso de aprendizaje. Por ejemplo, no lo ayudan a monitorear continuamente su conocimiento y tampoco le dan la oportunidad de ajustar, de forma gradual, la intensidad de la ayuda en la medida en que adquieren algunas habilidades y destrezas en la temática de estudio abordada. En este ámbito de investigación, se evidencia que existen pocos estudios sobre el diseño y eficacia de los andamiajes implementados en ambientes hipermedia (Azevedo, Cromley & Seibert, 2004; Azevedo, Guthrie & Seibert, 2004).

Algunos estudios recientes muestran que los estudiantes ofrecen dificultad para regular varios aspectos de su aprendizaje en ambientes hipermedia cuando se enfrentan a temas de cierto nivel de complejidad en el área de las ciencias y por lo tanto, el nivel de logro obtenido en estos entornos no cumple con las expectativas de quienes trabajan las tecnologías de la información aplicadas a la educación (Bendixen & Hartley, 2003; Greene & Land, 2000; Land & Zembal-Saul, 2003; Azevedo, 2005; Hannafin & Land, 1997). Los modelos de Aprendizaje Auto Regulado –AAR–, sugieren que los problemas de aprendizaje con hipermedia pueden ocurrir porque los estudiantes no se comprometen y no controlan eficazmente la gestión de

su propio conocimiento (Boekaerts, Pintrich & Zeidner, 2000; Paris & Paris, 2001; Winne, 2001; Winne & Perry, 2000; Zimmerman & Schunk, 2001); situación que no permite generar en aquellos pensamientos, sentimientos y acciones tendientes a alcanzar las metas fijadas previamente.

La presente investigación diseñó un ambiente hipermedia sobre transformaciones geométricas en el plano, al cual le fue implementado un andamiaje para apoyar el aprendizaje de los estudiantes sobre dicha temática y con lo que se aspira a que éstos desarrollen un nivel de autorregulación que les permita utilizar de manera eficaz, el entorno computacional.

El rol del andamiaje en los sistemas hipermedia

El concepto de andamiaje fue acuñado por Bruner (1978) a partir del concepto de Zona de Desarrollo Próximo –ZDP–, de Vigotsky. El andamiaje es una de las aproximaciones didácticas para desarrollar la capacidad autorreguladora de los estudiantes. Este término hace referencia al proceso de control por parte del profesor, de los elementos de la tarea que superan las capacidades del aprendiz. De esta forma, el mismo puede concentrarse en el dominio de los aspectos relevantes de una estrategia o habilidad con cierta rapidez a través de la retroalimentación y apoyo social, en el momento en que ello sea requerido (Schunk, 1997; Chi et al., 1994; Graesser et al., 1997; Graesser, McNamara & VanLehn, 2005; Lepper & Wolverson, 2002; Merrill et al., 1995; Azevedo & Hadwin, 2005).

El diseño de andamiajes, como facilitadores para el desarrollo de habilidades en el proceso de regulación del aprendizaje, se ha vuelto un reto para quienes trabajan las tecnologías de la información aplicadas a la educación debido a que su potencial puede ser usado en el diseño de escenarios computacionales que sirvan de puente entre la autorregulación propiamente dicha y el aprendizaje externamente regulado en ambientes hipermedia y *Web* (Azevedo, Cromley & Seibert, 2004). En lo que hace referencia a la implementación de diferentes tipos de andamiajes, algunos investigadores han adelantado varios estudios tendientes a evaluar la eficacia de éstos en los sistemas hipermedia (Chi et al., 1994; VanLehn et al., 2003; Pea, 2004; Puntambekar & Hubscher, 2005). Por ejemplo, Hadwin y Winne (2001) plantean andamiajes implícitos y explícitos. Los andamiajes implícitos son herramientas que le ayudan al estudiante a centrar la atención en diferentes aspectos de su estudio sin dirigirse a él de una forma directa; por su parte, los andamiajes explícitos se refieren a la inclusión intencional y evidente de herramientas dentro del ambiente computacional, las cuales son usadas por los aprendices a la hora de afrontar la tarea y requieren de su esfuerzo a la hora de alcanzar el dominio de conocimiento.

Azevedo et al., 2008 proponen andamiajes adaptativos y fijos. El andamiaje adaptativo proporciona a los estudiantes un tutor humano y una meta de aprendizaje global en donde el tutor proporciona ayuda de forma adaptativa en varios aspectos del aprendizaje autorregulado. Por ejemplo, les ayuda a planear diferen-

tes actividades para lograr su aprendizaje, a monitorear su comprensión, a usar estrategias eficaces para lograr la meta de aprendizaje e, incluso, se ocupa de las dificultades y demandas de la tarea, entre otras. En contraste, en el andamiaje fijo, los estudiantes tienen la misma meta de aprendizaje global y, adicionalmente, listas de sub-metas y preguntas específicas sobre el dominio de conocimiento que debe tener en cuenta al momento de desarrollar la tarea de aprendizaje.

Por otro lado, Vye et al. (1998); Hannafin, Hill y Land (1999) y White, Shimoda & Frederiksen (2000) sugieren andamiajes conceptuales, metacognitivos, procedimentales y estratégicos. Los andamiajes conceptuales están diseñados para proporcionar al estudiante orientación sobre el conocimiento que deben tener en cuenta para la solución de un problema. Los andamiajes metacognitivos ayudan a los aprendices en la regulación de los diferentes procesos asociados con la gestión del aprendizaje. Los andamiajes procedimentales le ayudan a utilizar eficazmente los diferentes recursos o herramientas incorporadas en el ambiente para solucionar un problema. Los andamiajes estratégicos le muestran diferentes técnicas relacionadas con la solución de problemas y, finalmente, los andamiajes estratégicos muestran a los estudiantes múltiples alternativas de solución de problemas.

Gran parte de los ambientes hipermedia incluyen, por lo general, un número variado de andamiajes diseñados para facilitar al estudiante la comprensión de temas complejos (Lajoie & Azevedo, 2006; Reiser et al., 2001; White et al., 2000). Esta investigación pretende la construcción de un andamiaje mixto que incluya elementos de tipo estratégico, metacognitivo, además de ser de tipo implícito, orientado a generar una dinámica de aprendizaje que lleve al estudiante al logro de metas de dominio de conocimiento y, a su vez, que sea capaz de desarrollar habilidades para alcanzar la autonomía en el aprendizaje.

El rol de la co-regulación en el aprendizaje

La co-regulación es otra forma didáctica de desarrollar la capacidad auto reguladora de los estudiantes. Se refiere básicamente a compartir responsabilidades en el desarrollo de una tarea de aprendizaje por parte de pequeños grupos de trabajo. De acuerdo con la perspectiva cognitivo social, la co-regulación actuaría en el aprendizaje como un facilitador de la autorregulación propiamente dicha (McCaslin & Hickey, 2001). Conforme a esta postura, la regulación, en una primera etapa, es iniciada por otras personas (profesores y padres), quienes ayudan a los niños de forma permanente a fijar sus metas, enfocar su atención en la tarea, les sugieren estrategias eficaces de aprendizaje y les ayudan a monitorear el progreso hacia las metas, entre otras (Rogoff, 2003). Con el tiempo, los niños asumen la responsabilidad de éstos procesos y son ellos quienes se fijan sus propias metas, se esfuerzan en el desarrollo de la tarea, usan estrategias de aprendizaje eficaces y evalúan su progreso en el logro académico.

En este ámbito, algunos investigadores afirman que hace falta claridad conceptual y estudios empíricos con respecto a la naturaleza de la co-regulación en

el aprendizaje entre estudiante–ambiente computacional y estudiante–estudiante–ambiente computacional, entre otras posibles combinaciones (Azevedo, 2005). Los estudios indican que, los aprendices que co-regulan su aprendizaje con otro par pueden aprender a desarrollar habilidades autorreguladoras por medio de la interacción con su compañero de equipo. Esto sólo es posible en la medida en que los dos (o más) compartan la fijación de metas, monitoreen y evalúen las estrategias utilizadas, emitan juicios sobre sus propias representaciones y propongan soluciones ante las posibles dificultades. En otras palabras, los aprendices estarían en la capacidad de desarrollar habilidades de planificación, monitoreo, autoevaluación, fijación de metas y ajuste de estrategias a partir de la interacción con sus pares (Jones, Estell & Alexander, 2008; Sweet & Pelton-Sweet, 2008).

Por su parte, otros trabajos de investigación dan cuenta que los estudiantes pueden enseñar a otros estudiantes componentes relacionados con la autorregulación como el monitoreo y regulación de conductas y el uso de estrategias de aprendizaje. Al respecto, Salonen et al. (2005) encontró que un estudiante le enseñó a su compañero de trabajo algunas técnicas metacognitivas durante el desarrollo de una tarea académica. En el estudio, uno de los integrantes de la pareja incitaba al otro a reflexionar sobre el propio conocimiento (metacognición), compartiendo la información con su par para explicar el por qué había malinterpretado el problema de matemáticas. En este mismo enfoque, Karabenick (1996) indicó que los aprendices pueden desarrollar estrategias de monitoreo cuando otro estudiante hace preguntas sobre la tarea de aprendizaje. Este es un modo de invocar la metacognición en las interacciones sociales que se dan al interior del trabajo en parejas.

En esta línea de trabajo, uno de los objetivos de la presente investigación tiene como finalidad aportar información empírica sobre el incremento en los niveles de autorregulación logrados por los aprendices que trabajan en parejas, en comparación con estudiantes que trabajan de forma individual, cuando interactúan con el ambiente hipermedia sobre transformaciones geométricas en el plano.

Descripción del ambiente hipermedia

Se eligió para el desarrollo del sistema hipermedia, el modelo de aprendizaje autorregulado basado en la teoría del procesamiento de la información propuesto por Winne y sus colegas (Hadwin & Winne, 2001; Winne, 2001). El ambiente hipermedia contiene el dominio de conocimiento sobre transformaciones geométricas en el plano. En su estructura se implementó un andamiaje mixto, el cual facilita a los estudiantes el desarrollo de habilidades de monitoreo y control durante el proceso de aprendizaje. La descripción global del software se hace a continuación.

El escenario de aprendizaje está constituido en primer lugar, por el profesor, quien cumple el papel de asesor del proceso de aprendizaje y se constituye en uno de los recursos con que cuenta el estudiante. En segundo lugar, el aprendiz como sujeto que se compromete y se siente responsable de su propio proceso de aprendizaje. En

tercer lugar, el ambiente hipermedia el cual contiene un andamiaje autorregulador mixto que apoya al estudiante para que sea capaz de utilizar eficazmente el entorno computacional y logre las metas de aprendizajes propuestas, ya sea de forma individual o colaborativa.

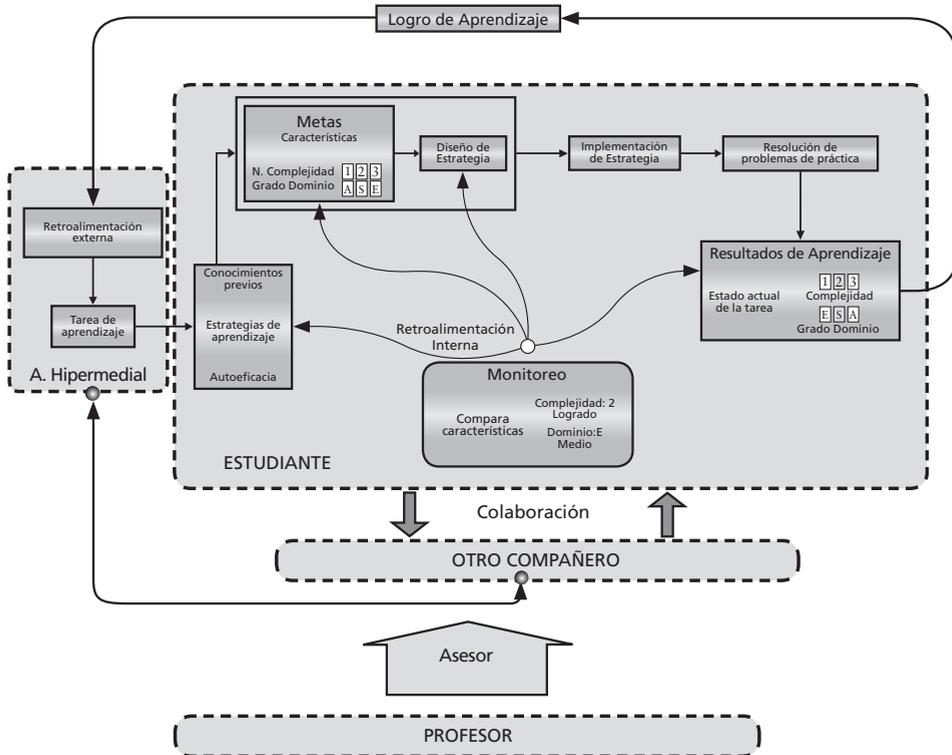
El escenario computacional posee tres características. Primero, el hipermedia le brinda al estudiante un conjunto de sub-metas de aprendizaje las cuales le dan la oportunidad al aprendiz de seleccionar una de ellas dependiendo de su percepción de autoeficacia⁵, conocimientos previos y el valor que le asigne a la tarea de aprendizaje, entre otras características motivacionales. Segundo, el software le ayuda al estudiante a su vez, a supervisar su nivel de aprendizaje a través de juicios metacognitivos, ejercicios de práctica y retroalimentación del estado actual de aprendizaje por medio de las evaluaciones planteadas al final de cada unidad de estudio. Esto obligaría al estudiante a emprender las acciones necesarias para regular su motivación, su cognición o su conducta, en función de la meta de aprendizaje a lograr. Tercero, el profesor estaría en capacidad de proporcionar asesoría específica sobre la utilización del software o sobre el dominio de conocimiento (transformaciones geométricas en el plano), siempre y cuando esta ayuda sea solicitada por los estudiantes. Con base en estas características se describen a continuación las etapas que comprende el andamiaje implementado en el ambiente computacional (figura 1).

Etapas 1. Definir la tarea de aprendizaje: en esta etapa, el escenario computacional ofrece una presentación detallada de cada una de las unidades de aprendizaje (transformaciones geométricas en el plano). De igual forma, establece los datos, las reglas, los materiales de apoyo y las diferentes ayudas que trae implementadas el software. De igual forma, explica el modo como se evaluarán los aprendizajes al finalizar cada una de las unidades de estudio. Durante esta fase los estudiantes construyen una representación elaborada de la tarea con base en sus diferencias individuales, los recursos con que cuentan y la ayuda social que poseen en el caso del trabajo en parejas (Winne, 2001), situación que los prepara para afrontar la siguiente etapa.

Etapas 2. Fijación de metas y planeación: durante esta fase ellos toman decisiones para fijar la meta de aprendizaje y realizar un plan estratégico que les permita obtener los logros académicos deseados. El ambiente hipermedia brinda diferentes posibilidades para la selección de la meta de aprendizaje, atendiendo a dos características: 1) niveles de complejidad y, 2) grados de dominio de conocimiento. En cuanto a los niveles de complejidad, el hipermedia ofrece tres niveles (básico, intermedio y avanzado). En relación con los grados de dominio de conocimiento, el software permite seleccionar tres grados (aceptable, sobresaliente y excelente). La meta seleccionada por el estudiante es almacenada por el ambiente computacional con el fin de facilitar el monitoreo y control de su aprendizaje posteriormente.

⁵ Con el término 'autoeficacia' nos referimos a los juicios personales sobre las capacidades propias para organizar y poner en práctica las acciones necesarias con el fin de alcanzar un nivel de logro académico propuesto (Bandura, 1986).

FIGURA 1. MODELO DE ANDAMIAJE AUTORREGULADO PARA EL AMBIENTE HIPERMEDIA



El ambiente hipermedia está compuesto por seis unidades, cada una con dos módulos para su estudio: 1. Módulo teórico, el cual comprende básicamente la definición, características, variables y ejemplos de transformaciones geométricas y, 2. Módulo práctico, constituido por una herramienta de simulación.

Etapa 3. Implementación de estrategia de estudio: en esta fase el estudiante navega libremente por el entorno computacional. Al ambiente computacional se le implementó una herramienta de autoevaluación que ayuda al estudiante a monitorear y regular su aprendizaje en términos de la solución de problemas. Con esta herramienta, el sujeto autoevalúa sus conocimientos antes de presentar la evaluación final de aprendizajes. El objetivo de esta herramienta es facilitarle el monitoreo de su aprendizaje, de tal manera que este emprenda, de forma diferenciada, las acciones necesarias para mejorar y lograr la meta (p. ej., puede repasar nuevamente tanto el módulo teórico como el práctico, o hacer prácticas libres en la herramienta de simulación).

Etapa 4. Evaluación y adaptación metacognitiva: el ambiente hipermedia ayuda al estudiante a monitorear su nivel de comprensión sobre la temática de estudio a través de la formulación de preguntas metacognitivas, las cuales se encuentran en los

diferentes nodos de información del módulo teórico, así como en el módulo práctico (guía de trabajo). Estas preguntas están diseñadas para hacer reflexionar al aprendiz sobre lo que ha aprendido y, en consecuencia, para que emprenda las acciones tendientes a mejorar sus niveles de comprensión, según sea el caso.

Metodología

Participantes

En el estudio participaron 128 estudiantes (62 hombres y 66 mujeres), correspondientes a cuatro cursos del grado décimo del Instituto Educativo Distrital –IED– INEM “Santiago Pérez” Tunal de Bogotá, ubicada en la localidad de Simón Bolívar. La investigación se llevó a cabo en los espacios académicos de la asignatura de matemáticas. La edad de los estudiantes oscila entre 14 y 19 años (promedio =15,25 años, SD=1.012).

Diseño de la investigación

La investigación tiene un diseño factorial 2x2, con grupos previamente conformados y correspondientes a los cursos regulares de la institución. A los estudiantes se les aplicó un test de auto reporte (MSLQ) para evaluar la capacidad de autorregulación antes de la experiencia (pretest) que se utilizará como *covariable*. Al finalizar la experiencia se les aplicó nuevamente el mismo test con el objetivo de comparar el desarrollo de la capacidad autorreguladora (postest).

TABLA 1. DISEÑO FACTORIAL 2X2 CON GRUPOS PREVIAMENTE CONFORMADOS

		Dimensión social del aprendizaje (V ₁)		Total
		Trabajo individual	Trabajo por parejas	
Trabajo con ambiente hipermedia (V ₂)	Sin andamiaje de autorregulación	35	31	66
	Con andamiaje de autorregulación	32	30	62
Total		67	61	128

El diseño de investigación posee dos variables independientes: 1) dimensión social del aprendizaje, con dos valores: trabajo individual y trabajo acompañado con otro par (co-regulación) y, 2) trabajo con ambiente hipermedia, con dos valores: presencia y ausencia de andamiaje de regulación. La variable dependiente de la investigación fue el desarrollo de la capacidad autorreguladora por parte de los estudiantes. El análisis de los datos se realizó a través del software *Statistical Package for the Social Science* (SPSS) 15.0.

Instrumentos

Habilidad autorreguladora: los estudiantes que participaron en la investigación respondieron el Cuestionario de Estrategias de Aprendizaje y Motivación (*Motivated Strategies for Learning Questionnaire - MSLQ*), desarrollado por Pintrich y sus colegas (Pintrich et al., 1991, 1993). Este es un cuestionario de auto reporte, en el cual se plantea a los estudiantes una serie de preguntas sobre su motivación para el estudio y sobre las estrategias de aprendizaje que emplea. El cuestionario se responde con arreglo a una escala Likert de 7 puntos (1=no, nunca;...; 7=Sí, siempre). Se incluyeron 14 de las 15 escalas del MSLQ. El cuestionario consta de dos componentes principales: uno dirigido a la motivación y el otro, al uso de estrategias de aprendizaje. El componente de motivación hace referencia a los procesos por los cuales el estudiante inicia y mantiene el interés por el desarrollo de actividades académicas. Está compuesto por cinco escalas que relacionan diferentes aspectos motivacionales: 1) *metas de orientación intrínseca*, 2) *metas de orientación extrínseca*, 3) *valoración de la tarea*, 4) *creencias de autoeficacia*, y 5) *creencias de control de aprendizajes*, las cuales se explicarán a continuación:

Las metas de orientación intrínseca se refieren a la percepción que tienen los estudiantes sobre las razones por las cuales se comprometen en el desarrollo de una tarea de aprendizaje. Estas razones, entre otras, son: el reto, la curiosidad y el dominio de conocimiento. En cuanto a las metas de orientación extrínsecas, las mismas hacen referencia a las razones que motivan al aprendiz a realizar una determinada acción para satisfacer otros motivos, los cuales no están relacionados con la actividad de aprendizaje en sí mismo, obedeciendo a razones como las notas, recompensas, la opinión de los otros, evitar el fracaso o el superar al resto de sus compañeros. La valoración de la tarea, es la opinión del estudiante sobre la importancia, interés y utilidad de las actividades o materiales de la asignatura; es decir, si las considera importantes para su propia formación, útiles para entender otras asignaturas e interesantes para ambos fines. En cuanto a las creencias de autoeficacia, las mismas contemplan las percepciones que tienen los estudiantes sobre su capacidad para desempeñarse de forma óptima en el desarrollo de una tarea y, finalmente, las creencias de control se refieren a las percepciones que tienen los aprendices acerca del grado de regulación que ejercen sobre su propio aprendizaje.

Por su parte, el segundo componente, estrategias de aprendizaje, está constituida por nueve escalas que evalúan diferentes aspectos: 1) *uso de estrategias de repaso*, 2) *elaboración*, 3) *organización*, 4) *pensamiento crítico*, 5) *metacognición*, 6) *manejo del tiempo y ambiente de estudio*, 7) *regulación del esfuerzo*, 8) *aprendizaje con pares* y 9) *búsqueda de ayuda*. Las estrategias de repaso hacen referencia a si el estudiante usa estrategias orientadas a recitar o nombrar ítems de una lista a ser aprendida. Son estrategias que producen un procesamiento superficial de la información. Las estrategias de elaboración se refieren a si el aprendiz aplica conocimientos previos a

situaciones nuevas para resolver problemas, tomar decisiones o hacer evaluaciones críticas, además de establecer conexiones entre la información nueva y la almacenada en la memoria de largo plazo para recordar mejor los datos e información solicitada. En cuanto a las estrategias de organización, éstas son estrategias empleadas por el sujeto para comprender un material de estudio y de esta forma, seleccionar la información más relevante como elaborar esquemas, resúmenes, mapas conceptuales, subrayar un texto, etc. El pensamiento crítico es la capacidad del alumno para utilizar sus conocimientos previos cuando afronta situaciones nuevas que lo hacen evaluar críticamente la situación para tomar decisiones o resolver problemas. La metacognición se refiere al conocimiento y control que tiene el estudiante sobre su propia cognición. El manejo de tiempo y ambiente de estudio indican la forma como este organiza su tiempo y lugar de estudio. La regulación del esfuerzo, es la habilidad del estudiante para controlar el esfuerzo y su atención frente a las distracciones o tareas poco interesantes o difíciles que le son asignadas; de tal forma que lo lleven a culminar las actividades académicas y alcanzar las metas establecidas. El aprendizaje con pares hace relación a la disposición del estudiante para trabajar en colaboración con sus compañeros de clase y finalmente, la búsqueda de ayuda se refiere a la disposición del estudiante para solicitar ayuda a sus compañeros o al profesor durante la realización de tareas académicas. Es de indicar, que el cuestionario en su conjunto, tiene una fiabilidad alta, de 0.932. El valor del α de Cronbach para el componente de motivación es de 0,890 y para el componente de estrategias de aprendizaje es de 0.901. El coeficiente de correlación de Pearson entre los dos componentes principales del cuestionario MSLQ; evidencia que existe una asociación fuerte entre motivación y estrategias de aprendizaje (0.701; a un nivel de 0.01).

Ambiente hipermedia

Durante el trabajo de campo los estudiantes utilizaron el software “*transformaciones geométricas*” diseñado específicamente para el desarrollo de la investigación. Básicamente, el hipermedia contiene información gráfica, textual, animaciones y una herramienta de simulación conectada a través de nodos en donde el aprendiz puede resolver diferentes problemas sobre transformaciones geométricas en el plano. El ambiente hipermedia posee seis unidades de aprendizaje. El ambiente computacional se instaló en una sala de informática de la institución. A los estudiantes les fue asignado un código de identificación para ingresar al escenario computacional, el cual registra todos los eventos adelantados por el aprendiz cuando interactúa con el software.

Procedimiento

Los cursos participantes fueron asignados aleatoriamente a cada una de las cuatro condiciones de trabajo. Antes de iniciar el trabajo con el software les fue aplicado

a los estudiantes el cuestionario MSLQ. Posteriormente, ellos trabajaron dos horas semanales en los espacios académicos de la asignatura de matemáticas con el escenario computacional durante aproximadamente 2.5 meses. Al terminar el estudio de cada una de las unidades de aprendizaje, presentaron, de forma individual, una evaluación sobre resolución de problemas. Una semana después de finalizar el trabajo en el aula de informática, les fue aplicado, nuevamente, el cuestionario MSLQ.

Análisis de datos

Para el estudio de los datos, se realizó un análisis multivariante de co-varianza (MANCOVA). La variable dependiente (capacidad autorreguladora) está compuesta por dos componentes a saber: la motivación y las estrategias de aprendizaje. Dos variables independientes: 1) dimensión social del aprendizaje (trabajo individual y trabajo acompañado con otro par) y, 2) trabajo con ambiente hipermedia (presencia y ausencia de andamiaje de autorregulación). EL MANCOVA se realizó teniendo en cuenta los datos iniciales del cuestionario MSLQ (pretest) como co-variables. El primero de los supuestos a tenerse en cuenta, en el análisis MANCOVA, es el de la homogeneidad de las matrices de varianzas/covarianzas entre los grupos. El test M de Box presenta una $F=1,810$ con $p \leq 0.061$ (tabla 2). Como la probabilidad es mayor que 0.05, se asume que las matrices de varianzas/covarianzas de los componentes de las variables dependientes son iguales.

TABLA 2. PRUEBA M DE BOX

M de Box	16,783
F	1,810
gl1	9
gl2	167389,170
Significación	,061

El segundo supuesto es la correlación de las medidas dependientes. En este caso se aplicó el test de Bartlett de esfericidad, el cual tiene un $p \leq 0.001$ (tabla 3), satisfaciendo, por tanto, el nivel de correlación entre las variables dependientes y, el tercer supuesto, sobre la normalidad de variables dependientes, se verificó con el test de Kolmogorov-Smirnov, el cual indicó que la variable “pos test de motivación” tiene un $Z=0,669$; $p \leq 0,762$ y, la variable “pos test de estrategias de aprendizaje” tiene un $Z = 0,640$; $p \leq 0,808$; satisfaciendo, la condición de normalidad. Con los requisitos cumplidos se realiza el análisis MANCOVA.

TABLA 3. PRUEBA DE ESFERICIDAD DE BARTLETT

Razón de verosimilitudes	,000
Chi-cuadrado aprox.	68,975
gl	2
Significación	,000

Los resultados del MANCOVA se presentan en la tabla 4. El modelo corregido de cada una de las variables dependientes es el siguiente: el valor de R^2 (0.457) indica que los tres efectos incluidos en el modelo, es decir, V1, V2 y V1*V2 explican el 45.7% de la varianza de la variable pos test de estrategias de aprendizaje. Igualmente, el valor de R^2 (0.293) explican el 29.3% de la varianza de la variable pos test de motivación.

TABLA 4. RESULTADOS DISEÑO FACTORIAL MANCOVA 2 X 2

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	Pos test motivación del MSLQ	22,539(a)	5	4,508	10,110	,000
	Pos test estrategias de aprendizaje MSLQ	27,678(b)	5	5,536	20,521	,000
Intersección	Pos test motivación del MSLQ	10,024	1	10,024	22,480	,000
	Pos test estrategias de aprendizaje MSLQ	5,048	1	5,048	18,713	,000
Pre test_Motivación	Pos test motivación del MSLQ	5,589	1	5,589	12,535	,001
	Pos test estrategias de aprendizaje MSLQ	,056	1	,056	,208	,649
Pre test_Estrategias	Pos test motivación del MSLQ	,610	1	,610	1,368	,244
	Pos test estrategias de aprendizaje MSLQ	11,075	1	11,075	41,054	,000
v1 (Dimensión social del aprendizaje)	Pos test motivación del MSLQ	3,427	1	3,427	7,685	,006
	Pos test estrategias de aprendizaje MSLQ	1,716	1	1,716	6,361	,013
v2 (Ambiente hipermedia)	Pos test motivación del MSLQ	2,957	1	2,957	6,633	,011
	Pos test estrategias de aprendizaje MSLQ	2,242	1	2,242	8,310	,005
v1 * v2	Pos test motivación del MSLQ	,004	1	,004	,009	,923
	Pos test estrategias de aprendizaje MSLQ	,273	1	,273	1,012	,316
Error	Pos test motivación del MSLQ	54,398	122	,446		
	Pos test estrategias de aprendizaje MSLQ	32,910	122	,270		
Total	Pos test motivación del MSLQ	4123,476	128			
	Pos test estrategias de aprendizaje MSLQ	2929,619	128			
Total corregida	Pos test motivación del MSLQ	76,937	127			
	Pos test estrategias de aprendizaje MSLQ	60,588	127			

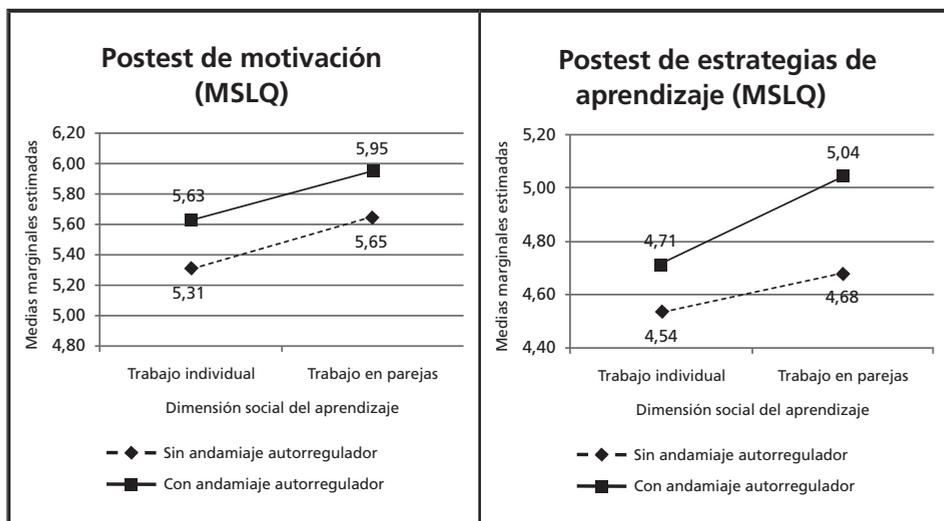
a R cuadrado = ,293 (R cuadrado corregida = ,264)
 b R cuadrado = ,457 (R cuadrado corregida = ,435)

La tabla 4 indica que la co-variable motivación inicial (pre test) tiene un efecto estadísticamente significativo sólo con la motivación final (pos test); $F=12,535$; $p\leq 0,001$. La co-variable de estrategias de aprendizaje inicial (pre test) tiene un efecto, estadísticamente significativo, sólo con las estrategias de aprendizaje final (pos test); $F=41,054$; $p\leq 0,000$. Estos resultados muestran que las co-variables son el mejor predictor de las variables que miden el estado final de la variable dependiente; además, demuestra que el instrumento MSLQ tiene una alta confiabilidad.

La variable independiente dimensión social del aprendizaje (V_1), tiene un efecto estadísticamente significativo, tanto en la motivación final, como en las estrategias de aprendizaje final; $F = 7,685$, $p\leq 0,006$ y $F = 6,361$; $p\leq 0,013$, respectivamente. La variable independiente trabajo con ambiente hipermedia (V_2), tiene efectos estadísticamente significativos, sobre las dos variables dependientes, es decir, el pos test de la motivación con un $F = 6,633$; $p\leq 0,011$ y, el pos test de estrategias de aprendizaje con un $F = 8,310$; $p\leq 0,005$. Finalmente, la tabla 4 indica que no existe interacción entre las variables independientes ($V1 * V2$) con respecto a las componentes de la variable dependiente aprendizaje autorregulado.

La figura 6 muestra los resultados del MANCOVA gráficamente; es decir, se puede observar que la motivación se vio afectada positivamente de forma independiente, tanto en la condición de trabajo en parejas como en la condición del uso de andamiaje en el ambiente hipermedia. Una situación similar se dio en la variable de estrategias de aprendizaje; es decir, de forma independiente el trabajo en parejas y el uso del andamiaje la afectaron de forma positiva.

FIGURA 6. MEDIAS MARGINALES ESTIMADAS DE DIMENSIÓN SOCIAL DEL APRENDIZAJE Y TRABAJO CON SOFTWARE

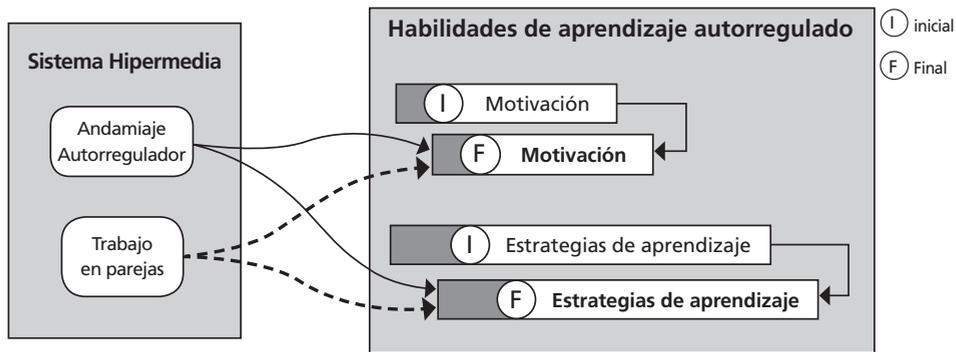


Discusión

Los resultados demuestran que un sistema hipermedia que incluya en su estructura un andamiaje autorregulador, pueden facilitar el aprendizaje de las matemáticas y, a su vez, mejorar la competencia para la regulación del aprendizaje de estudiantes de secundaria. Este hallazgo es consistente con investigaciones previas en donde se indica que la implementación de un andamiaje adaptativo en entornos hipermedia puede proporcionar tanto el dominio de un conocimiento en ciencias como la regulación del aprendizaje en estudiantes universitarios (Azevedo, 2005; Azevedo, Guthrie & Seibert, 2004). En este sentido, nuestros resultados contribuyen a la literatura sobre aprendizaje de las ciencias con hipermedia en estudiantes de secundaria.

El estudio se enfocó en determinar si la regulación compartida entre parejas de estudiantes y el diseño de un andamiaje mixto en un sistema hipermedia se relaciona de forma positiva con el desarrollado de habilidades de regulación en el aprendizaje. Los resultados obtenidos dejan ver la existencia de una fuerte relación, de forma independiente, de estas variables con el desarrollo de competencias de aprendizaje autorregulado (figura 7).

FIGURA 7. INFLUENCIA DEL APRENDIZAJE CON PAREJAS Y EL USO DE ANDAMIAJES SOBRE LA CAPACIDAD AUTORREGULADORA



Los componentes de motivación y de estrategias de aprendizaje se relacionaron positivamente con el aprendizaje entre parejas de estudiantes (co-regulación) y de forma independiente, estos mismos indicadores de aprendizaje autorregulado, se relacionaron positivamente con el uso del andamiaje. Los resultados indican que los pares ejercen una influencia positiva sobre su compañero de trabajo en el desarrollo de la tarea de aprendizaje y, a su vez, las dinámicas propias del trabajo en colaboración promueven la motivación para aprender en un ambiente hipermedia. En este ámbito de investigación, Manion y Alexander (1999) argumentan que en las aulas de clase la interacción social puede llevar a compartir estrategias de aprendizaje entre los estudiantes cuando éstos se enfrentan al aprendizaje de una temática de estudio. De hecho, las discusiones entre los pares, alrededor de las diferentes uni-

dades de aprendizaje en el ambiente hipermedia, permiten que ellos compartan sus estrategias de aprendizaje, situación que se evidenció a través de los resultados de la aplicación del cuestionario MSLQ. De igual forma, la motivación se vio influenciada de manera positiva por el trabajo entre parejas de estudiantes. El hecho de auto imponerse sub-metas de aprendizaje, para lograr la meta general, conllevó a que los grupos de aprendices fueran persistentes en el logro de cada sub-meta y, en consecuencia, su percepción de auto eficacia mejora a medida en que obtenían cada una de las sub-metas hasta lograr la meta general. Esta situación mejoró significativamente su motivación para regular su aprendizaje cuando interactuaban con el ambiente computacional y trabajaban en parejas.

Estos resultados apoyan el trabajo de Bandura (1986), quien afirma que las interacciones entre los compañeros pueden llevar a la transferencia de las creencias y conductas. Por otro lado, se puede inferir que los resultados encontrados por Schunk y Swartz (1993) en cuanto al mejoramiento de la motivación en contextos de aula, se transfieren a situaciones de aprendizaje en parejas en ambientes de aprendizaje computacional, es decir, que la fijación de metas de aprendizaje y la implementación de diferentes mecanismos de retroalimentación por parte del escenario computacional, mejoran significativamente la motivación hacia el aprendizaje por parte de estudiantes de secundaria.

Nuestros resultados se encuentran en concordancia con trabajos previos en donde la construcción de conocimiento entre pares amplía las posibilidades de orientación académica de los estudiantes en relación con el uso de estrategias (Kandel & Andrews, 1987; Ryan, 2001) y la motivación hacia el aprendizaje (Eccles et al. 1998; Ryan, 2001; Rydell & Pomerantz, 2003). La presente investigación muestra que la discusión entre pares es una forma eficaz de promover diferentes procesos de la capacidad autorreguladora de los estudiantes (motivación y uso de estrategias), de acuerdo con el cuestionario de auto reporte MSLQ (Jones, Estell & Alexander, 2008; Sweet & Pelton-Sweet, 2008). De hecho, los resultados muestran que los estudiantes que trabajan de forma colaborativa comparten entre otros: conocimientos previos, fijación de metas, estrategias de estudio y percepciones de autoeficacia. Además de esto, se fomentó en los aprendices el desarrollo de habilidades metacognitivas en la medida en que éstos se cuestionaban entre sí para examinar su nivel de comprensión y la veracidad de lo aprendido a través de las autoevaluaciones y evaluaciones finales en cada una de las unidades de aprendizaje. Por otro lado, el trabajo en grupo permitió que los estudiantes regularan el esfuerzo para lograr la meta de aprendizaje de una forma más eficaz, quizás porque la resolución de los problemas en grupo les permitió compartir y ajustar, de manera más eficaz y fácil, sus estrategias.

Así mismo, nuestros resultados sobre la co-regulación entre pares de estudiantes de secundaria con escenarios computacionales complementa los hallazgos de Salovaara (2005) quien encontró que los estudiantes que trabajaron en colaboración con escenarios computacionales, incrementaron el uso de estrategias de planificación, monitoreo, de búsqueda, selección y organización de la información. En

este sentido, nuestro trabajo evidencia que la co-regulación en el aprendizaje facilita no solamente el desarrollo de estas habilidades autorreguladoras, sino que también, conlleva a que los estudiantes desarrollen una alta motivación hacia el aprendizaje en la medida en que van alcanzando cada una de las submetas de aprendizaje impuestas por ellos mismos.

En relación con el diseño e implementación del andamiaje mixto en el ambiente hipermedia, el escenario computacional facilitó el desarrollo de habilidades autorreguladoras en lo que respecta a lo motivacional y al uso de estrategias de aprendizaje. Estos resultados se propiciaron cuando los estudiantes, al momento de fijar la submeta de aprendizaje, tenían que evaluar sus conocimientos previos y auto eficacia en función de la meta a lograr, situación que afectó positivamente su motivación y por ende, fueron más eficaces en el manejo de las dificultades y demandas de la tarea. Por otro lado, el andamiaje facilitó el monitoreo, control y regulación de los aprendizajes, debido a la implementación de herramientas como las autoevaluaciones, juicios de aprendizaje y evaluaciones, las cuales se incluyeron en todas las unidades de estudio. En este sentido, el diseño del ambiente permitió que el estudiante tuviera control total sobre el escenario y sobre su proceso de aprendizaje.

Estos resultados están en concordancia con los hallazgos Azevedo, Guthrie y Seibert (2004) quienes encontraron que los estudiantes que co-regulan su aprendizaje en ambientes *Web*, planifican y monitorean su aprendizaje en la medida en que se fijan metas propias y buscan ayuda de forma adaptativa de sus pares. Por otro lado, nuestros resultados sobre el desarrollo de habilidades autorreguladoras, en estudiantes de secundaria, complementan los hallazgos de Pintrich y Zusho, 2002 y, Azevedo y Cromley, 2004 en relación a la regulación del aprendizaje de estudiantes universitarios con ayuda de ambientes hipermedia. Además, están en concordancia con los hallazgos de Kramarski y Hirsch (2003), quienes encontraron que, estudiantes de secundaria que utilizaron un andamiaje metacognitivo para la solución de problemas de álgebra de forma colaborativa, lograron mejorar significativamente sus habilidades metacognitivas.

Si bien es cierto que hacen falta trabajos empíricos o estudios que examinen con precisión la forma como los compañeros de clase pueden influenciar en el desarrollo de habilidades autoreguladoras a partir de las discusiones entre pares, este trabajo contribuye con evidencia empírica a esta temática y establece bases para realizar futuros trabajos en este ámbito.

En relación con el diseño e implementación de andamiajes mixtos en ambientes hipermedia para facilitar el aprendizaje de las matemáticas y la autorregulación de estudiantes de secundaria, nuestros resultados contribuyen y complementan los hallazgos encontrados por Brush y Saye (2001) sobre el aprendizaje de la historia cuando los estudiantes usan andamiajes mixtos de tipo fijo y adaptativo y los trabajos de Azevedo, Guthrie y Seibert (2004); Hartley (2001) y McManus (2000) con respecto a la utilización de andamiajes fijos para facilitar el logro y la regulación del aprendizaje en estudiantes universitarios y de secundaria en temáticas de biología.

Esta investigación proporciona evidencia empírica sobre la importancia de diseñar e implementar en los ambientes hipermedia un andamiaje mixto que facilite los procesos de autorregulación en el aprendizaje de las matemáticas, a través del cual los estudiantes estén en capacidad de estructurar un plan de aprendizaje, de monitorear sus logros, de ajustar las estrategias de estudio y de mantener la motivación durante el proceso de aprendizaje. Estos hallazgos son de especial interés para la comunidad educativa del país por cuanto el uso de entornos hipermedia en el contexto escolar, se viene generalizando de forma progresiva y en este sentido, el diseño e implementación de estrategias didácticas, como el andamiaje en los hipermedia, representan un aporte importante que debe ser abordado para el uso eficaz de estos entornos en el aprendizaje de diferentes dominios de conocimiento en el área de las ciencias (Azevedo, 2005; Hmelo-Silver & Azevedo, 2006; Jacobson & Wilensky, 2006; Lajoie y Azevedo, 2006).

Conclusión

Nuestros resultados sugieren que el aprendizaje de las matemáticas a través de un sistema hipermedia, que incluya en su estructura un andamiaje autorregulador y usado entre parejas de estudiantes de secundaria, puede facilitar significativamente el desarrollo de la competencia autorreguladora del aprendizaje. En particular, se evidenció que la co-regulación entre parejas de estudiantes permite compartir estrategias de aprendizaje, auto imponerse sub-metas exigentes, presentar auto evaluaciones y evaluaciones de cada una de las unidades de estudio y mantener la motivación hacia el aprendizaje durante todo el proceso de estudio. Estamos seguros que nuestro análisis puede ayudar, tanto a investigadores como a profesores que trabajan las tecnologías de la información aplicadas a la educación, a realizar estudios sobre los efectos del aprendizaje autorregulado en el logro educativo a través de ambientes hipermedia. Entender los procesos que intervienen en la regulación del aprendizaje permitirá tener una mejor comprensión de los factores que pueden influir en el aprendizaje y desempeño de nuestros estudiantes cuando interactúan con escenarios computacionales.

Referencias bibliográficas

- Azevedo, R., Moos, D., Greene, J., Winters, F., & Cromley, J. (2008). Why is externally-facilitated regulated learning more effective than self-regulated learning with hypermedia? *Education Tech Research*, Dev 56 pp. 45–72.
- Azevedo, R. (2005). Using hypermedia as a metacognitive tool for enhancing student learning? The role of self-regulated learning. *Educational Psychologist*, 40(4), pp. 199–209.
- Azevedo, R., Cromley, J. G., y Seibert, D. (2004). Does adaptive scaffolding facilitate students' ability to regulate their learning with hypermedia? *Contemporary Educational Psychology*, 29, pp. 344–370.
- Azevedo, R., Guthrie, J. T., y Seibert, D. (2004). The role of self-regulated learning in fostering students' conceptual understanding of complex systems with hypermedia. *Journal of Educational Computing Research*, 30(1), pp. 87–111.
- Azevedo, R., & Cromley, J. G. (2004). Does training on self-regulated learning facilitate students' learning with hypermedia? *Journal of Educational Psychology*, 96(3), pp. 523–535.
- Azevedo, R., & Hadwin, A. F. (2005). Scaffolding self-regulated learning and metacognition: Implications for the design of computer-based scaffolds. *Instructional Science*, 33, pp. 367–379.
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. (Trad. cast.: Pensamiento y acción. Fundamentos sociales. Barcelona: Martínez Roca.
- Bendixen, L. D., & Hartley, K. (2003). Successful learning with hypermedia: the role of epistemological beliefs and metacognitive awareness. *Journal of Educational Computing Research*, 28(1), pp. 15–30.
- Boekaerts, M., Pintrich, P., & Zeidner, M. (2000). *Handbook of self-regulation*. San Diego: Academic Press.
- Bruner, J. (1978). The role of dialogue in language acquisition' In A. Sinclair, R., J. Jarvella, and W. J. M. Levelt (eds.) *The Child's Concept of Language*. New York: Springer-Verlag.
- Brush, T., & Saye, J. (2001). The use of embedded scaffolds with hypermedia-supported student-centered learning. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 10(4), pp. 333-356.
- Chi, M., de Leeuw, N., Chiu, M.H., & LaVancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science*, 18, pp. 439-477.
- Eccles, J. S., Wigfield, A., & Schiefele, U. (1998). *Motivation to succeed*. In W. Damon (series Ed.) y N. Eisenberg (vol.

- Ed.), Handbook of child psychology (vol. 3, 5th ed., pp. 1017–1095). New York: Wiley.
- Graesser, A. C., Bowers, C. A., Hacker, D. J., & Person, N. K. (1997). *An anatomy of naturalistic tutoring*. In K. Hogan y M. Pressley (Eds.), *Effective scaffolding of instruction*. Brookline Books.
- Graesser, A. C., McNamara, D., y VanLehn, K. (2005). Scaffolding deep comprehension strategies through PointryQuery, AutoTutor and iSTART. *Educational Psychologist*, 40, pp. 225–234.
- Hadwin, A., & Winne, P. (2001). CoNoteS2: A software tool for promoting self-regulation. *Educational Research and Evaluation*, 7(2/3), pp. 313–334.
- Handal, B., & Herrington, T. (2004). On being dependent and independent in computer based learning environments. *e-Journal of Instructional Science and Technology*, (7)2.
- Hannafin, M., Hill, J., y Land, S. (1999). Student-centered learning and interactive multimedia: Status, issues, and implication. *Contemporary Education*, 68(2), pp. 94–99.
- Hartley, K. (2001). Learning strategies and hypermedia instruction. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia* 10(3), pp. 285–305.
- Hmelo-Silver, C., y Azevedo, R. (2006). Understanding complex systems: Some core challenges. *Journal of the Learning Sciences*, 15(1), pp. 53–61.
- Jacobson, M. J., & Wilensky, U. (2006). Complex systems in education: Scientific and educational importance and implications for the learning sciences. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(1), pp. 11–34.
- Jacobson, M., & Archodidou, A. (2000). The design of hypermedia tools for learning: Fostering conceptual change and transfer of complex scientific knowledge. *Journal of the Learning Sciences*, 9(2), pp. 145–199.
- Jonassen, D. H. (1989). *Hypertext - hypermedia*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology.
- Jones, M., Estell, D. & Alexander, J. (2008). Friends, classmates, and self-regulated learning: discussions with peers inside and outside the classroom. *Metacognition and Learning*. Springer Science + Business Media.
- Kandel, D. B., & Andrews, K. (1987). Processes of adolescent socialization by parents and peers. *The International Journal of the Addictions*, 22, pp. 319–342.
- Karabenick, S. A. (1996). Social influences on metacognition: Effects of coler learner questioning on comprehension monitoring. *Journal of Educational Psychology*, 88(4), pp. 689–703.
- Kramarski, B., & Hirsch, C. (2003). Using computer algebra systems in mathematical classrooms. *Journal of Computer Assisted Learning*, 19(1), pp. 35–45.

- Lajoie, S. P., y Azevedo, R. (2006). *Teaching and learning in technology-rich environments*. In P. Alexander y P. Winne (Eds.), *Handbook of educational psychology* (2nd ed., pp. 803–821). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Land, S., & Greene, B. (2000). Project-based learning with the World Wide Web: A qualitative study of resource integration. *Educational Technology Research y Development*, 48(3), pp. 61-78.
- Land, S., & Zembal-Saul, C. (2003). Scaffolding reflection and articulation of scientific explanations in a data-rich, project-based learning environment: An investigation of progress portfolio. *Educational Technology Research y Development*, 51(4), pp. 65–84.
- Lepper, M., & Wolverson, M. (2002). *The wisdom of practice: Lessons learned from the study of highly effective tutors*. In J. Aranson (Ed.), *Improving academic achievement: Impact of psychological factors on education*. New York, NY: Academic Press.
- Liu, M., & Reed, W. M. (1994). The relationship between the learning strategies and learning Styles in hypermedia environment. *Computers in Human Behavior*, 10, (4), pp. 419-434.
- Manion, V., & Alexander, J. M. (1999). The benefits of peer collaboration on strategy use, metacognitive causal attribution, and recall. *Journal of Experimental Child Psychology*, 67, pp. 268–289.
- McCaslin, M. & Hickey, D. T. (2001). Self-regulated learning and academic achievement: A Vygotskian view. In B. J. Zimmerman and D. H. Schunk, eds, *Self-regulated learning and academic achievement*, pp. 227-252. Lawrence Erlbaum Associates: Mahwah, NJ.
- McManus, T. (2000). Individualizing instruction in a web-based hypermedia learning environment: Nonlinearity, advanced organizers, and self-regulated learners. *Journal of Interactive Learning Environments*, 11(3), pp. 219-251.
- Melara, G. E. (1996). Investigating learning styles on different hypertexts environments: hierarchical-like and network-like structures. *Journal of Educational Computing Research*, 14(4), pp. 313-328.
- Paris, S. G., & Byrnes, J. P. (1989). The constructivist approach to self-regulation and learning in the classroom. En B. J. Zimmerman y D. H. Schunk (eds.), *Self-regulated learning and academic achievement: Theory, research and practice*. New York: Springer-Verlag.
- Paris, S. G., & Paris, A. H. (2001). Classroom applications of research on self-regulated learning. *Educational Psychologist*, 36(2), pp. 89-101.
- Pea, R. D. (2004). The social and technological dimensions of scaffolding and related theoretical concepts for learning, education, and human activity. *Journal of the Learning Sciences*, 13, pp. 423–451.
- Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. In M. Boekaerts, P. Pintrich, y M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation*,

- pp. 451–502. San Diego, CA: Academic Press.
- Pintrich, P. R., Smith, D. A. F., Garcia, T., y McKeachie, W. J. (1993). Reliability and predictive validity of the motivated strategies for learning questionnaire (MSLQ). *Educational and Psychological Measurement*, 53, pp. 801–813.
- Pintrich, P. R., Smith, D. A., Garcia, T., y McKeachie W. J. (1991). *A manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)*. National Center for Research to Improve Postsecondary Teaching and Learning. Ann Arbor: University of Michigan.
- Pintrich, P. R. (1995). *Understanding Self-Regulated Learning*. En P. R. Pintrich (ed), *New Directions for teaching and learning*, N° 63: Understanding Self-Regulated Learning. San Francisco: Jossey-Bass.
- Pintrich, P. R. y Zusho, A. (2002). *The development of academic self-regulation: the role of cognitive of achievement motivation* (pp. 249-284). San Diego, C.A: Academic Press.
- Puntambekar, S., & Hubscher, R. (2005). Tools for scaffolding students in a complex learning environment: What have we gained and what have we missed? *Educational Psychologist*, 40(1), pp. 1–12.
- Reiser, B., Tabak, I., Sandoval, W., Smith, B., Steinmuller, F., y Leone, A. (2001). BGuILE: *Strategic and conceptual scaffolds for scientific inquiry in biology classrooms*. In S. Carver y D. Klahr (Eds.), *Cognition and instruction: Twenty-five years of progress*, pp. 263-306. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Rogoff, B. (2003). *The cultural nature of human development*. New York: Oxford University Press.
- Ryan, A. M. (2001). The peer group as a context for the development of young adolescents motivation and achievement. *Child Development*, 72(4), pp. 1135–1150.
- Rydell A, E., & Pomerantz, E. M. (2003). The development of competence-related and motivational beliefs: An investigation of similarity and influence among friends. *Journal of Educational Psychology*, 95(1), pp. 111–123.
- Salovaara, H. (2005). An exploration of students' strategy use in inquiry-based computer-supported collaborative learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(1), pp. 39–52.
- Salonen, P., Vauras, M., & Efklides, A. (2005). Social interaction – What can it tell us about metacognition and coregulation in learning? *European Psychologist*, 10(3), pp. 199–208.
- Schunk, D. y Swartz, C. (1993). Writing strategy instruction with gifted students; effects of goals and feedback on self-efficacy and skills. *Roeper Review*, 15, pp. 225- 230.
- Schunk, D. (1997). *Self-monitoring as a motivator during instruction with elementary school students*. Paper presented at the annual meeting of the American Education Research Association, Chicago, IL. (ERIC Document Reproduction Service No. ED404035).

- Schunk, D. H., & Zimmerman, B.J. (1994). *Self-regulation in education: Retrospect and prospect*. En D.H. Schunk y B.J. Zimmerman (eds.), *Self-regulation of learning and performance*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Sweet, M. y Pelton-Sweet, L. (2008). The Social Foundation of Team-Based Learning: Students Accountable to Students. *New Directions for Teaching and Learning*, N° 116. Wiley Periodicals, Inc. Published online in Wiley InterScience. Revisada en agosto 20, 2009 en [www.interscience.wiley.com].
- VanLehn, K., Siler, S., Murray, C., Yamauchi, T. & Baggett, W. (2003). Why do only some events cause learning during human tutoring? *Cognition y Instruction*, 21(3), pp. 209-250.
- Vye, N., Schwartz, D., Bransford, J., Barron, B., Zech, L., & CTGV. (1998). *SMART environments that support monitoring, reflection, and revision*. En: D. Hacker, J. Dunlosky, y A. Graesser (eds.) *Metacognition in educational theory and practice*, pp. 305-346. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- White, B. Y., Shimoda, T. A., y Frederiksen, J. R. (2000). *Facilitating students' inquiry learning and metacognitive development through modifiable software advisers*. En: S. P. Lajoie (ed.), *Computers as cognitive tools II: No more walls: Theory change, paradigm shifts and their influence on the use of computers for instructional purposes*, pp. 97-132. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Williams, M. (1996). *Leaner control and instructional technologies*. En: D. Jonassen (ed.), *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 957-983). NY: Scholastic.
- Wilson, J. (1997). *Self-regulated learners and distance education theory*. Retrieved December 20, 2001 from the University of Saskatchewan, Educational Communications and Technology Web site.
- Winne, P. H. (2001). *Self-regulated learning viewed from models of information processing*. In B. Zimmerman y D. Schunk (eds.), *Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives*, pp. 153-189. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Winne, P., & Stockley, D. (1998). *Computing technologies as sites for developing self-regulated learning*. En: D. Schunk y B. Zimmerman (eds.), *Self-regulated learning: From teaching to self-reflective practice*, p. 106-136. NY: Guilford.
- Winne, P. H. (1995). Inherent details in self-regulated learning. *Educational Psychologist*, 30, pp. 173-187.
- Winne, P. H., & Perry, N. E. (2000). Measuring self-regulated learning. En: M. Boekaerts, P. Pintrich, y M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation*, pp. 531-566. San Diego, CA: Academic Press.
- Zimmerman, B. (2001). Theories of self-regulated learning and academic achievement: An overview and analysis. En: B. Zimmerman y D. Schunk (eds.), *Self-regulated learning and academic achievement*.

vement: Theoretical perspectives, pp. 1–38. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Zimmerman, B. J. (1986). A social cognitive view of self-regulated academic learning. *Journal of Educational Psychology*, 81(3), pp. 329-339.

Zimmerman, B., y Schunk, D. (2001). *Self-regulated learning and academic achievement* (2nd ed.). Mahwah, NJ: Erlbaum.