

**Andamiajes Metacognitivos en Aprendizaje Autorregulado Para  
Fortalecer Destrezas en la Solución de Problemas Matemáticos en  
Estudiantes de Básica Primaria**

**Ismael Antonio Párraga Ramírez  
Olga Inés Toro Cárdenas**

**Asesor:**

**Víctor Quintero Suárez**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN  
APLICADAS A LA EDUCACIÓN  
BOGOTÁ D. C.  
2016**



## Derechos de autor

“Para todos los efectos, declaro que el presente trabajo es original y de mi total autoría; en aquellos casos en los cuales he requerido del trabajo de otros autores o investigadores, he dado los respectivos créditos”. (Artículo 42, parágrafo 2, del Acuerdo 031 del 4 de diciembre de 2007 del Consejo Superior de la Universidad Pedagógica Nacional)



Este trabajo de grado se encuentra bajo una Licencia Creative Commons de **Reconocimiento – No comercial – Compartir igual**, por lo que puede ser distribuido, copiado y exhibido por terceros si se muestra en los créditos. No se puede obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

## **Dedicatoria**

Los resultados de este proceso de investigación están dedicados a todas aquellas personas que de alguna forma son parte de su culminación.

Nuestros sinceros agradecimientos están dirigidos hacia nuestro director Profesor Víctor Quintero Suárez quien con su ayuda desinteresada nos brindó información relevante muy cercana a la realidad de nuestras necesidades. A todos los docentes de la maestría por su paciencia, compromiso y calidad humana, cualidades que enaltecen la hermosa labor docente.

A los estudiantes que hicieron parte de este estudio, a sus familias quienes permitieron con su interés y curiosidad hacer realidad este trabajo.

Y a nuestros grandes acompañantes incondicionales de largas jornadas de trabajo  
Hugo Rafael, Palestina y Genaro.

## RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN – RAE

| <b>1. Información General</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tipo de documento</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Tesis de grado de maestría de investigación                                                                                                                |
| <b>Acceso al documento</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central                                                                                                        |
| <b>Título del documento</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Andamiajes Metacognitivos en Aprendizaje Autorregulado Para Fortalecer Destrezas en la Solución de Problemas Matemáticos en Estudiantes de Básica Primaria |
| <b>Autor(es)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Párraga Ramírez, Ismael Antonio; Toro Cárdenas, Olga Inés                                                                                                  |
| <b>Director</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Quintero Suárez, Víctor                                                                                                                                    |
| <b>Publicación</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2016. 110 p.                                                                                                      |
| <b>Unidad Patrocinante</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Universidad Pedagógica Nacional.                                                                                                                           |
| <b>Palabras Claves</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | ANDAMIAJES METACOGNITIVOS, METACOGNICIÓN, AUTORREGULACIÓN, SOLUCIÓN DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS, AMBIENTES DE APRENDIZAJE BASADOS EN EL COMPUTADOR            |
| <b>2. Descripción</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                            |
| <p>El presente documento presenta el informe de la tesis de grado llamado “Andamiajes Metacognitivos en Aprendizaje Autorregulado Para Fortalecer Destrezas en la Solución de Problemas Matemáticos en Estudiantes de Básica Primaria”.</p> <p>Durante el recorrido por el documento, el lector podrá encontrar las razones por las cuales se emprendió el desarrollo de este proyecto, las fuentes históricas y teóricas que sustentan esta investigación, la metodología con la cual se desarrolló y el análisis de los datos obtenidos en el ambiente luego de la intervención.</p> <p>Del mismo modo se presenta la descripción detallada de los argumentos teóricos y prácticos con los cuales se desarrolló ambiente de aprendizaje basado en el computador y los elementos tecnológicos que se tuvieron en cuenta para el diseño del ambiente.</p> <p>Para finalizar se exponen las pruebas que se hicieron con la implementación del ambiente, los resultados acordes con las preguntas de investigación, la discusión de estos y finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones.</p> |                                                                                                                                                            |
| <b>3. Fuentes</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                            |
| <p>Azevedo, R., &amp; Hadwin, A. F. (2005). Scaffolding self-regulated learning and metacognition-implications for the desing of computer-based scaffolds. <i>Instructional Science</i> , 367-379.</p> <p>Azevedo, R., Cromley, J. G., &amp; Seibert, D. (2004). Does adaptive scaffolding facilitate students`ability to regulate their learning with hypermedia? <i>Contemporary Educational Psychology</i> , 344-370.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                            |

Biggs, J. (2006). *Calidad del aprendizaje universitario*. Madrid: Narcea.

Blummer, B., & Kenton, J. (2014). Problem solving and metacognition. En B. Blummer, & J. Kenton, *Improving students information search* (págs. 33-43). UK-USA: Chandons Publisihing.

Boekaerts, M. (1997). Self-regulated learning: a new concept embraced by researchers, policy makers, educators, teachers, and students. *Learning and instruction* , 191-186.

Boekaerts, M. (1999). Self-regulated learning: where we are today. *International Journal of education research*, 445-457.

Boekaerts, M., Pintrich, P. R., & Zeidner, M. (2000). *Handbook of self-regulation*. San Diego: Academic Press.

Boscan Mieles, M. M., & Klever Montero, K. L. (2012). Metodología basada en el método heurístico de Polya para el aprendizaje de la resolución de problemas matemáticos. *Escenarios*, 7-19.

Brady, M., Seli, H., & Rosenthal, J. (2013). "Clickers" and metacognition: A quasi-experimentak comparative study about metacognitive self-regulation and use of electronic feedback devices. *Computers & Education*, 56-63.

Broadbent, J., & Poon, W. (2015). Self-regulated learning strategies y academic achievement in online higher education learning environments: A systematic review. *Internet and Higher education*, 1-13.

#### **4. Contenidos**

La estructura del documento presenta la información en varias secciones, cada una de ellas corresponde a la ruta que se siguió durante el desarrollo de la investigación. Se inicia con la presentación de la investigación, la cual enmarca la ruta de navegación pues allí se encuentran descritos elementos como las preguntas de investigación y los objetivos de la misma. En un segundo aparte se puede encontrar la descripción del marco teórico dentro del cual se relacionan las teorías que fundamentaron este estudio, allí se presta mayor atención a las variables centrales, es decir los andamiajes metacognitivos, el aprendizaje autorregulado y la solución de problemas matemáticos. La siguiente sección del documento está dedicada a los antecedentes que dieron luces sobre las necesidades investigativas en los temas de interés y además permitieron centrar los objetivos de la investigación. Luego de tener claro el tema de investigación y los objetivos, se presenta la descripción del ambiente computacional, el cual fue diseñado para el desarrollo de este estudio. Luego se encuentra descrita la metodología de la investigación, allí se plantean las hipótesis, el diseño de la investigación, los instrumentos usados para la recolección de datos y los resultados obtenidos luego de la experimentación, con los resultados se busca dar respuesta a las preguntas de investigación y orientar a logro de los objetivos. Finalmente se presentan la discusión, conclusiones y recomendaciones, secciones del informe dentro de las cuales se presenta una contrastación entre los resultados obtenidos y la teoría documentada en las fases iniciales de este estudio.

#### **5. Metodología**

La investigación se desarrolló bajo un diseño experimental con un grupo control y un grupo

experimental con pre-test y pos-test, cada uno de los cuales fue expuesto a una de las dos condiciones del ambiente computacional. El total de los participantes fue asignados de manera aleatoria a una de las dos condiciones; grupo control: sin andamiajes metacognitivos, grupo experimental: con andamiajes metacognitivos Antes de iniciar el trabajo con el ambiente todos los estudiantes participaron en una sesión de introducción en la cual se trabajó con ellos las habilidades básicas para el trabajo en el ambiente de aprendizaje basado en el computador

## 6. Conclusiones

Luego de realizar la intervención en el ambiente de aprendizaje y analizar los resultados obtenidos se puede concluir que tal como lo reporta la literatura especializada al respecto, el uso de andamiajes favorece el desempeño en las tareas de aprendizaje de los estudiantes. Ahora bien, estos andamiajes deben estar acordes con las necesidades de las tareas de aprendizaje y con las características de los estudiantes. Además el hecho que los andamiajes sean ofrecidos en ambientes de aprendizaje autorregulado permite que los estudiantes usen estrategias cognitivas y metacognitivas que favorecen su comprensión, y por ende mejoran sus desempeños.

|                                          |                                                           |    |      |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----|------|
| <b>Elaborado por:</b>                    | Párraga Ramírez, Ismael Antonio; Toro Cárdenas, Olga Inés |    |      |
| <b>Revisado por:</b>                     | Quintero Suárez, Víctor                                   |    |      |
| <b>Fecha de elaboración del Resumen:</b> | 26                                                        | 03 | 2016 |

## Contenido

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Introducción .....                                              | 1  |
| Justificación.....                                              | 4  |
| Preguntas de Investigación.....                                 | 8  |
| Objetivos .....                                                 | 9  |
| Objetivo general .....                                          | 9  |
| Objetivos específicos .....                                     | 9  |
| Estado del Arte .....                                           | 10 |
| Andamiajes.....                                                 | 10 |
| Autorregulación.....                                            | 18 |
| Solución de Problemas.....                                      | 25 |
| Marco Teórico .....                                             | 32 |
| Andamiaje .....                                                 | 32 |
| ¿Qué son los Andamiajes? .....                                  | 32 |
| Características de los Andamiajes.....                          | 33 |
| Clasificación de los Andamiajes .....                           | 36 |
| Aprendizaje Autorregulado .....                                 | 41 |
| Teoría socio-cognitiva de la autorregulación .....              | 44 |
| Modelo Socio-Cognitivo de la Autorregulación .....              | 49 |
| Solución de Problemas.....                                      | 51 |
| Tipos de Conocimientos Involucrados en la Solución de Problemas |    |
| Matemáticos .....                                               | 52 |
| Herramientas Metacognitivas y la Solución de Problemas .....    | 56 |
| Descripción del Desarrollo Tecnológico.....                     | 58 |
| Metodología .....                                               | 65 |
| Diseño de la Investigación .....                                | 65 |

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Variables .....                                                      | 66 |
| Población y Muestra.....                                             | 66 |
| Instrumentos de Recolección de la Información.....                   | 66 |
| Hipótesis.....                                                       | 67 |
| Resultados .....                                                     | 67 |
| Pre-test para grupo control y grupo experimental .....               | 68 |
| Pos-test para grupo control y grupo experimental .....               | 70 |
| Comparación de rendimiento de cada sesión entre los grupos.....      | 73 |
| Correlaciones entre el uso de andamiajes y el desempeño.....         | 76 |
| Uso de andamiajes metacognitivos y procesos de autorregulación ..... | 78 |
| Discusión.....                                                       | 82 |
| Conclusiones y Recomendaciones .....                                 | 91 |
| Bibliografía .....                                                   | 94 |

## Índice de Tablas

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 <i>Clasificación de los andamiajes (Hannafin, et al., 1999)</i> .....                                      | 41 |
| Tabla 2 <i>Elementos comunes en las teorías del aprendizaje autorregulado (Zimmerman &amp; Schunk, 2007)</i> ..... | 43 |
| Tabla 3 <i>Componentes de los modelos de los autores para las tres fases de la autorregulación</i> .....           | 51 |
| Tabla 4 <i>Procesos para la solución de problemas matemáticos</i> .....                                            | 54 |
| Tabla 5 <i>Fases para la solución de problemas y sus andamiajes</i> .....                                          | 56 |
| Tabla 6 <i>Variables del estudio</i> .....                                                                         | 66 |
| Tabla 7 <i>Instrumentos para la recolección de la información</i> .....                                            | 67 |
| Tabla 8 <i>Estadísticos del pre-test grupo control</i> .....                                                       | 68 |
| Tabla 9 <i>Estadísticos del pre-test grupo experimental</i> .....                                                  | 68 |
| Tabla 10 <i>Prueba T-student para pre-test del grupo control y experimental</i> .....                              | 69 |
| Tabla 11 <i>Estadísticos del pos-test grupo control</i> .....                                                      | 70 |
| Tabla 12 <i>Prueba T-student para grupo control</i> .....                                                          | 71 |
| Tabla 13 <i>Estadísticos del pos-test grupo experimental</i> .....                                                 | 71 |
| Tabla 14 <i>Prueba T-student para grupo experimental</i> .....                                                     | 72 |
| Tabla 15 <i>Prueba T-student para pos-test del grupo control y experimental</i> .....                              | 73 |
| Tabla 16 <i>Medidas estadísticas para el grupo control en cada sesión de trabajo</i> .....                         | 73 |
| Tabla 17 <i>Medidas estadísticas para el grupo experimental en cada sesión de trabajo</i> .....                    | 74 |
| Tabla 18 <i>Prueba t-student para los resultados de cada situación de grupo control y grupo experimental</i> ..... | 75 |
| Tabla 19 <i>Correlaciones de Pearson entre el uso de andamiajes metacognitivos y los resultados</i> .....          | 76 |
| Tabla 20 <i>Frecuencia de cada andamiaje para las fases de previsión, ejecución y evaluación</i> .....             | 77 |
| Tabla 21 <i>Selección de la meta personal en cada sesión para grupo control y grupo experimental</i> .....         | 79 |
| Tabla 22 <i>Ideas concebidas por los estudiantes en la fase de ejecución</i> .....                                 | 79 |
| Tabla 23 <i>Ideas concebidas por los estudiantes en la fase de autorreflexión</i> .....                            | 80 |

## Índice de Ilustraciones

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1 <i>Ambiente de Aprendizaje – Fase de Previsión (análisis de la tarea)</i> .....                            | 60 |
| Ilustración 2 <i>Ambiente de Aprendizaje – Fase de Previsión (automotivación)</i> .....                                  | 61 |
| Ilustración 3 <i>Ambiente de Aprendizaje – Andamiajes Uno y Dos</i> .....                                                | 62 |
| Ilustración 4 <i>Ambiente de Aprendizaje – Fase de Ejecución (auto-control)</i> .....                                    | 62 |
| Ilustración 5 <i>Ambiente de Aprendizaje – Andamiajes Tres y Cuatro</i> .....                                            | 63 |
| Ilustración 6 <i>Ambiente de Aprendizaje – Fase de Auto-reflexión</i> .....                                              | 63 |
| Ilustración 7 <i>Medias de los resultados del pre-test para el grupo control y el grupo experimental</i> .....           | 69 |
| Ilustración 8 <i>Comparación entre las medias para pre-test ente grupo control y grupo experimental</i> .....            | 70 |
| Ilustración 9 <i>Media del pos-test para el grupo control</i> .....                                                      | 70 |
| Ilustración 10 <i>Media del pos-test para el grupo experimental</i> .....                                                | 71 |
| Ilustración 11 <i>Medidas estadísticas para el grupo control en cada sesión de trabajo</i>                               | 74 |
| Ilustración 12 <i>Medidas estadísticas para el grupo experimental en cada sesión de trabajo</i> .....                    | 74 |
| Ilustración 13 <i>Dispersión de puntos para la correlación entre el uso de andamiajes y el desempeño académico</i> ..... | 77 |
| Ilustración 14 <i>Frecuencia de cada andamiaje para las fases de previsión, ejecución y evaluación</i> .....             | 78 |
| Ilustración 15 <i>Ideas concebidas por los estudiantes en la fase de ejecución</i> .....                                 | 80 |
| Ilustración 16 <i>Ideas concebidas por los estudiantes en la fase de autorreflexión</i> .....                            | 81 |

## **Introducción**

Se presenta en este documento el informe final de una investigación que surgió como producto del proceso de formación en la maestría en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación en la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia).

En la actualidad los ambientes de aprendizaje basados en computador han tomado un papel protagónico en las discusiones pedagógicas, las tecnologías de la información y la comunicación amplían la oferta educativa y permiten la inmersión de nuevos modelos de aprendizaje dentro de los que es posible mencionar la educación presencial o tradicional con apoyo de herramientas tecnológicas o la educación virtual. Desde esta nueva realidad educativa se realizan estudios que permiten la incursión de perspectivas teóricas a la implementación de estas tecnologías, perspectivas que atienden a elementos relacionados con la calidad y efectividad en el aprendizaje.

Las investigaciones en este campo ofrecen evidencia empírica de herramientas pedagógicas y didácticas que deben incluirse dentro de los ambientes de aprendizaje basados en el computador, para que estos ofrezcan a los estudiantes experiencias de aprendizaje efectivas y de calidad. Es entonces cuando conceptos teóricos como los andamiajes y el aprendizaje autorregulado, entre otros, encuentran un nuevo espacio en los procesos educativos mediante su integración en ambientes de aprendizaje basados en el computador.

Es así como se encuentran en la literatura numerosos estudios que han buscado demostrar la eficacia de los andamiajes como herramienta que favorecen los procesos de aprendizaje de los estudiantes; en este sentido (Moos & Azevedo, 2008; Zydney, 2010) coinciden en afirmar que aquellos estudiantes que durante sus actividades de aprendizaje reciben el apoyo de andamiajes, desarrollan la capacidad de usar con mayor frecuencia herramientas cognitivas y metacognitivas para la solución de problemas y en general para mejorar su comprensión acerca de estos. Por esta razón es necesario ofrecer a los estudiantes andamiajes pertinentes y efectivos, que atiendan las necesidades de cada momento del aprendizaje, esto permitirá que conozcan un mayor número de posibilidades de aprendizaje y de herramientas en la ejecución de una tarea (Phumeechanya & Wannapiroon, 2014)

Sin embargo, la importancia de los andamiajes, no se da en términos únicamente de la efectividad en el uso de las herramientas por parte de los estudiantes para la comprensión y solución de problemas, también es importante mencionar que al usar andamiajes los estudiantes continúan usando las herramientas aprendidas de manera oportuna en futuros retos de aprendizaje, aun cuando los andamiajes ya no estén presentes, y esto se presenta indistintamente del tipo de andamiaje que se haya ofrecido en una primera experiencia. (Molenaar, van Boxtel, & Sleegers, 2010, Huang, Wu, & Chen, 2012,)

Otros autores han logrado ir más allá en la importancia de los andamiajes, al investigar no solo su efectividad para desarrollar en los estudiantes habilidades en el uso de herramientas cognitivas y metacognitivas, sino que además han logrado establecer con sus trabajos, que el uso de andamiajes incrementa la ejecución del trabajo en equipo y permite a los estudiantes trabajar en la co-construcción del conocimiento y la negociación de significados. (Molenaar, Roda, van Boxtel, & Sleegers, 2012; Chen & Law, 2015). Del mismo modo hay autores que han establecido luego del desarrollo de sus investigaciones que el uso de los andamiajes no solo mejora el dominio del conocimiento por parte de los estudiantes sino que también aumenta su conciencia metacognitiva (Raes, Tammy, De Wever, & Vabderhoven, 2012)

Los andamiajes como herramientas de apoyo en los procesos de aprendizaje están muy bien documentados e investigados desde diferentes perspectivas, sin embargo, es necesario emprender esfuerzos de investigación que permitan establecer los alcances o limitaciones de cada uno de los tipos de andamiajes, centrándose puntualmente en las edades de los estudiantes y qué tipo de andamiaje puede ser más efectivo según las características de desarrollo.

De otro lado, se encuentran los procesos de autorregulación del aprendizaje como mediadores en el éxito académico de los estudiantes. Esta premisa, ha sido comprobada con más profundidad en investigaciones que hacen uso de los procesos de autorregulación como mediadores en los ambientes de aprendizaje basado en el computador.

En este campo los autores coinciden en afirmar que ambientes de aprendizaje que promuevan prácticas de autorregulación mejoran el éxito académico; sin embargo es necesario establecer estrategias de autorregulación específicas que guíen los procesos de aprendizaje de los estudiantes, tales como la planificación, el monitoreo, el uso de estrategias, el manejo de las dificultades en las tareas, la gestión del tiempo, la metacognición y el

pensamiento crítico(Azevedo, Cromley, & Seibert, 2004; Broadbent & Poon, 2015; Vázquez & Daura, 2013).

Ahora bien los procesos de autorregulación cada vez más se relacionan con los ambientes de aprendizaje hipermedia. Algunos autores afirman que este tipo de ambientes pueden fomentar positivamente la comprensión de temas complejos para los estudiantes, sin embargo solo aquellos estudiantes que son eficaces en la autorregulación se benefician verdaderamente de los entornos hipermedia (Greene, Bolick, & Robertson, 2010).Según o expuesto anteriormente es necesario conocer la manera como se puede fomentar la autorregulación en los estudiantes para mejorar sus desempeños en estos ambientes y de esta manera mejorar sus desempeños académicos. (Hutchinson, & Thauberger, 2008).

Luego de poner a prueba la efectividad de los andamiajes y la autorregulación del aprendizaje, en este documento se presentan el desarrollo y los resultados de un trabajo de investigación mediante el cual se examinó la relación entre el uso de andamiajes metacognitivos mediados por el aprendizaje autorregulado y el fortalecimiento de habilidades para la solución de problemas matemáticos en estudiantes de tercero de primaria. La investigación contempló el diseño de un ambiente de aprendizaje computacional que incluyó andamiajes metacognitivos para facilitar el trabajo de solución de problemas matemáticos.

En el estudio participaron 42 estudiantes de grado tercero de un colegio oficial de Bogotá, Colombia, con los cuales se hizo la intervención bajo la perspectiva metodológica cuasi experimental; la muestra de 42 estudiantes se dividió en dos grupos, de los cuales 21 conformaron el grupo experimental que trabajó con andamiajes metacognitivos y 21 conformaron el grupo control que trabajó sin andamiajes.

Para sustentar teóricamente la propuesta, se establecieron categorías de análisis relacionadas con las principales variables: Andamiajes metacognitivos y autorregulación relacionadas con la solución de problemas matemáticos. De acuerdo con estas categorías, se realizó una revisión de antecedentes que permitió encontrar vacíos conceptuales y partir de allí para establecer una ruta de investigación que contribuya con la construcción de conocimiento en este campo específico.

La estructura del documento presenta la información en varias secciones, cada una de ellas corresponde a la ruta que se siguió durante el desarrollo de la investigación. Se inicia con la presentación de la investigación, la cual enmarca la ruta de navegación pues allí se

encuentran descritos elementos como las preguntas de investigación y los objetivos de la misma. En un segundo aparte se puede encontrar la descripción del marco teórico dentro del cual se relacionan las teorías que fundamentaron este estudio, allí se presta mayor atención a las variables centrales, es decir los andamiajes metacognitivos, el aprendizaje autorregulado y la solución de problemas matemáticos. La siguiente sección del documento está dedicada a los antecedentes que dieron luces sobre las necesidades investigativas en los temas de interés y además permitieron centrar los objetivos de la investigación. Luego de tener claro el tema de investigación y los objetivos, se presenta la descripción del ambiente computacional, el cual fue diseñado para el desarrollo de este estudio. Luego se encuentra descrita la metodología de la investigación, allí se plantean las hipótesis, el diseño de la investigación, los instrumentos usados para la recolección de datos y los resultados obtenidos luego de la experimentación, con los resultados se busca dar respuesta a las preguntas de investigación y orientar a logro de los objetivos. Finalmente se presentan la discusión, conclusiones y recomendaciones, secciones del informe dentro de las cuales se presenta una contrastación entre los resultados obtenidos y la teoría documentada en las fases iniciales de este estudio.

## Justificación

En el trabajo diario de aula son diversas las necesidades de aprendizaje que debe enfrentar un docente, no solo por la complejidad de sus estudiantes, sino también por la complejidad de los contenidos que deben ser abordados. Así, en los últimos tiempos usar el computador como herramienta mediadora en los procesos de aprendizaje ha cobrado gran importancia para los maestros, pues facilita la labor de comprender y abordar las complejidades y diversidades del aula. Sin embargo, el uso de herramientas tecnológicas más allá de facilitar el trabajo, ha permitido el descubrimiento de nuevos elementos susceptibles de ser investigados en el aula, al asumir ésta como un espacio productor de conocimiento permanente.

Una de las complejidades a las que se enfrentan los maestros a diario, es la ausencia de procesos que les permitan a los estudiantes, por un lado alcanzar una comprensión real de sus tareas de aprendizaje y por otro la planeación y monitorización de estrategias efectivas que les ayuden a cumplir con los objetivos propuestos. Estas dificultades son comunes a todas las áreas del conocimiento; sin embargo en este estudio se analizarán particularmente en las tareas relacionadas con la solución de problemas matemáticos. Autores como Phonapichat, Wongwanich y Sujiva (2014) lograron establecer que los estudiantes, en tareas relacionadas con la solución de problemas matemáticos presentan dificultades para: comprender las palabras clave que aparecen en los problemas, identificar la información necesaria para resolver el problema, diseñar un plan que les permita llevar a cabo un proceso claro, entre otros. Estos hallazgos, coinciden con la realidad en el trabajo de los maestros y se evidencia con los pobres resultados obtenidos por los estudiantes, de diversos niveles de educación, en pruebas que miden su capacidad de solucionar problemas matemáticos.

Así surgen investigaciones que desde varias perspectivas buscan dar solución a este problema educativo, investigadores interesados en esta área proponen estrategias particulares para superar las dificultades en la solución de problemas matemáticos, es en este sentido que surge el interés por realizar un nuevo aporte al conocimiento usando los ambientes basados en el computador como una herramienta que permita superar las dificultades presentes. Ahora bien, como se puede constatar en el estado del arte expuesto en este estudio, las investigaciones que involucran las tecnologías de la información aplicadas a la educación ya llevan un gran camino recorrido sobre aquellas herramientas que deben ser implementadas en los ambientes computacionales para optimizar los procesos de aprendizaje, mediante el

desarrollo de habilidades cognitivas y metacognitivas en los estudiantes. En este sentido, el aprendizaje autorregulado y el uso de herramientas como los andamiajes se han relacionado con un alto desempeño académico (Cobb, 2003). Establecer metas, estar motivado y encontrar el apoyo necesario para el desarrollo de tareas que presentan dificultad para los estudiantes, son elementos que se han establecido, a través de múltiples investigaciones, como las relacionadas en el estado del arte de este documento, como factores que influyen en el desempeño de los estudiantes, en su motivación y en su auto-eficacia.

Ahora en el proceso de autorregulación, según la teoría social – cognitiva, el aprendizaje incluye elementos personales, de comportamiento y ambientales. Estos tres constructos se constituyen como la reciprocidad triádica, al establecer una relación de interdependencia entre los tres conceptos. En esta relación triádica es necesario que los estudiantes incorporen estrategias para estructurar su aprendizaje; para esto el estudiante debe percibir que esas estrategias son eficaces en el entorno que van a ser usadas y para cumplir los objetivos de aprendizaje. Es así como los andamiajes pueden convertirse en esas estrategias efectivas que los estudiantes usan para mejorar sus desempeños y para desarrollar y fortalecer habilidades de aprendizaje como la elaboración, organización, pensamiento crítico y la auto-regulación metacognitiva, que serán usadas en diferentes tareas de aprendizaje para obtener resultados óptimos luego que los andamiajes han sido retirados.

Estos hallazgos ofrecen luces sobre la ruta a seguir para encontrar la solución a la dificultad presentada por los estudiantes al momento de solucionar problemas matemáticos. Sin embargo, al hacer un barrido por bases de datos que dan cuenta de las investigaciones recientes realizadas en este campo, se puede observar que la mayoría de estas han sido diseñadas para estudiantes de secundaria o universitarios. Estos estudios han permitido confirmar una y otra vez la efectividad para el aprendizaje del uso de herramientas como los andamiajes y la importancia de incluir procesos de autorregulación para superar dificultades en la comprensión y ejecución de tareas de aprendizaje. Así que se toma como punto inicial para el desarrollo de este estudio la inclusión de procesos de autorregulación y herramientas de apoyo como los andamiajes en ambientes de aprendizaje basados en el computador como estrategia que permita superar, en alguna medida, las dificultades de los estudiantes en la solución de problemas matemáticos, pues como ya se mencionó los antecedentes permiten predecir el éxito con el uso de estas herramientas.

Ahora bien, como ya se expuso, las investigaciones en este campo han centrado su interés en mostrar la efectividad de los procesos de autorregulación y de herramientas como los andamiajes en estudiantes de grados superiores de educación secundaria o estudiantes universitarios, no obstante, algunos investigadores han centrado sus esfuerzos en ampliar el campo de conocimiento de esta área desde la educación preescolar y primaria. Es así como Vandeveld, Van Keery Rosseel (2013) han concluido que es necesario iniciar el desarrollo de procesos de autorregulación desde los primeros años en la escuela y así lograr mejores desempeños en los estudiantes durante todo su proceso escolar. Así mismo Vandeveld, Vandenbussche y Van Keer (2012) reconocen los andamiajes como herramientas de enseñanza claves para promover el aprendizaje autorregulado. Diversos autores sugieren la necesidad de diseñar investigaciones que permitan establecer la manera en la cual se deben diseñar ambientes de aprendizaje que faciliten la evolución de la regulación externa hacia la autorregulación. Así que continuando con esta nueva línea de investigación, este estudio pretende hacer un aporte al conocimiento, probando mediante la experimentación diseñada la manera en la cual se deben traducir los procesos desarrollados con estudiantes mayores y sus efectos, a la educación con estudiantes de básica primaria, particularmente para la solución de problemas matemáticos.

Las investigaciones muestran que en las aulas hoy en día pocos maestros preparan de manera efectiva y explícitamente a sus estudiantes a aprender por sí mismos y la regulación externa prevalece en gran medida sobre la autorregulación (Vandeveld, et al., 2012) Estos resultados subrayan la importancia de obtener una visión más clara sobre los determinantes que influyen en la aplicación del aprendizaje autorregulado en la práctica educativa y sobre todo refuerzan la necesidad de desarrollar investigaciones que se centren en el fortalecimiento de los procesos de autorregulación en estudiantes de primaria.

Se propone entonces, desarrollar un estudio en el cual se logren integrar el uso de andamiajes metacognitivos desde una perspectiva de aprendizaje autorregulado con estudiantes de básica primaria, se pretende indagar en torno al tipo de relaciones entre esto se estos elementos con los procesos de aprendizaje para determinar cómo influyen éstos en la comprensión y solución de problemas por parte de estudiantes de primaria.

## **Preguntas de Investigación**

Este estudio se centra en encontrar la relación entre el uso de andamiajes metacognitivos en un ambiente autorregulado y el desempeño de los estudiantes en la solución de problemas matemáticos en un ambiente de aprendizaje mediado por el computador. También se plantea determinar si existe alguna diferencia significativa en el desempeño académico para la solución de problemas matemáticos entre aquellos estudiantes que reciben el apoyo de andamiajes metacognitivos frente a los estudiantes que no los reciben.

Para poder encontrar las relaciones entre los procesos y las diferencias entre los dos grupos de estudiantes, el estudio se centró en responder las siguientes preguntas:

- ¿Cómo el uso de andamiajes metacognitivos, implementados en un ambiente computacional bajo la perspectiva de la autorregulación del aprendizaje, puede potenciar el desarrollo de habilidades para la solución de problemas matemáticos en estudiantes de grado tercero de básica primaria?
- ¿Existe una diferencia significativa en el desempeño para solucionar problemas matemáticos, entre dos grupos de estudiantes: uno que usa andamiajes metacognitivos y otro que no hace uso de tales herramientas?

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

- Evaluar el efecto de andamiajes metacognitivos, implementados en un ambiente computacional bajo la perspectiva de la autorregulación del aprendizaje, en el desempeño para la solución de problemas matemáticos en estudiantes de grado tercero de básica primaria

### **Objetivos específicos**

- Establecer si existe una diferencia significativa en el desempeño para la solución de problemas matemáticos entre estudiantes que reciben andamiajes metacognitivos en un ambiente de aprendizaje basado en el computador con enfoque autorregulado y estudiantes que no reciben este tipo de andamiajes.
- Determinar el efecto que tiene la implementación de andamiajes metacognitivos en el desempeño para la solución de problemas matemáticos en estudiantes de tercer grado de básica primaria.
- Evaluar el efecto que tiene el aprendizaje autorregulado en el desempeño para la solución de problemas matemáticos en estudiantes de tercer grado de básica primaria.

## **Estado del Arte**

El uso de ambientes de aprendizaje basados en el computador es una corriente que continúa en crecimiento y son cada vez más los investigadores que se interesan en profundizar en la construcción de marcos de referencia que permitan obtener el máximo beneficio de las tecnologías de la información en espacios de aprendizaje. A continuación se presentan investigaciones recientes que tienen en cuenta dentro de sus variables de análisis los andamiajes y el aprendizaje autorregulado como elementos que potencian los procesos de aprendizaje en ambientes mediados por el computador. Al mismo tiempo se dará cuenta de investigaciones que han centrado su atención en estrategias para la solución de problemas.

### **Andamiajes**

Diversos estudios relacionados con esta variable han permitido establecer su efectividad en el logro de aprendizaje por parte de los estudiantes.

Moos y Azevedo (2008) realizaron un estudio llamado “Monitoreo, planeación y autoeficacia durante el aprendizaje con hipermedia: El impacto de andamiajes conceptuales”. El objetivo de este estudio fue examinar el impacto de andamiajes conceptuales sobre la autoeficacia, y los procesos de planeación y monitoreo durante el aprendizaje en un ambiente hipermedia. La investigación se orientó hacia la solución de dos preguntas de investigación: ¿Cuál es la relación entre andamiajes conceptuales y la autoeficacia durante el aprendizaje con ambientes hipermedia? Y ¿Cuál es la relación entre andamiajes conceptuales y el uso de procesos de autorregulación durante el aprendizaje con ambientes hipermedia?

Para dar respuesta a las preguntas de investigación y cumplir el objetivo del estudio los investigadores seleccionaron una muestra de 37 estudiantes de pregrado de una universidad pública, todos los participantes fueron asignados al azar en uno de dos grupos con las siguientes condiciones: grupo sin andamiaje (18) y grupo con andamiaje conceptual (19).

Durante la investigación se usaron diferentes instrumentos para la recolección de la información, a saber: para la auto eficacia se utilizó el cuestionario MSLQ, para la autorregulación se usó un análisis de protocolo verbal (Ericsson, 2006; Ericsson & Simón, 1994) que fue modificado para este estudio, se incluyeron 27 procesos en las categorías de

planificación, seguimiento y estrategias de aprendizaje, y finalmente para evaluar el dominio de conocimiento los estudiantes respondieron un pre-test y un pos-test.

Durante el estudio los participantes debían interactuar con el material de la enciclopedia Encarta para aprender sobre el sistema circulatorio, el grupo uno sin andamiajes y el grupo dos con andamiajes conceptuales; durante sus interacciones debían verbalizar sus pensamientos los cuales fueron registrados y analizados por parte de los investigadores. Además de pensar en voz alta los participantes de ambos grupos completaron la escala de autoeficacia en dos momentos diferentes durante la tarea de aprendizaje.

Los resultados de este estudio permitieron concluir que los estudiantes en ambos casos disminuyen el uso de procesos de monitoreo a medida que avanzan a través de la tarea de aprendizaje, esto significa que los estudiantes pueden necesitar ayuda en el proceso de su aprendizaje, sin embargo que los estudiantes disminuyeran el uso de procesos de monitoreo no implicó la disminución en el uso de estrategias de aprendizaje, las cuales fueron usadas con mayor frecuencia en el grupo de participantes que recibieron andamiajes; situación que se repitió con los procesos relacionados con la planeación, es decir, aquellos estudiantes que recibieron andamiajes, utilizaron en promedio, más procesos relacionados con la planeación durante la tarea de aprendizaje.

Zydney (2010) realizó un estudio titulado “los efectos de múltiples herramientas de andamiajes en los estudiantes en la comprensión, la consideración de diferentes perspectivas y los conceptos erróneos de un problema complejo”. El objetivo fue investigar la efectividad de las herramientas de andamiaje para ayudar a los estudiantes a comprender problemas complejos. La investigación fue desarrollada con 69 estudiantes de grado décimo en un colegio de Estados Unidos. Para la investigación se desarrolló un ambiente de aprendizaje llamado “Pollution Solution” acerca de conceptos científicos, este ambiente incorporó en sus diseños los principios de la teoría de la flexibilización cognitiva para brindar a los estudiantes múltiples perspectivas en un problema, al ofrecer numerosos casos, ilustraciones de conexión entre diversas disciplinas y así permitir a los estudiantes integrar sus conocimientos de los tópicos; adicionalmente “Pollution Solution” ofrecía un rango amplio de técnicas de andamiajes para ofrecer soporte extra, estas herramientas de andamiaje fueron diseñadas para fomentar procesos cognitivos en los estudiantes.

El desarrollo de esta investigación se hizo bajo un diseño cuasi experimental, la recolección de datos se realizó mediante evaluaciones y datos cualitativos con notas de

observaciones en los salones de clase; los datos cualitativos fueron usados para explicar los resultados desde los análisis cuantitativos.

Luego de la intervención Zydney (2010) concluyó que cuando los estudiantes reciben múltiples andamiajes aprenden a usar diversas herramientas para mejorar su comprensión sobre los problemas y así mismo para su solución; en este mismo sentido recomendó profundizar la investigación relacionada con el uso de la teoría de la flexibilización cognitiva, por sus siglas en inglés (CFT), y en el diseño de andamiajes para el trabajo con estudiantes, pues en su investigación encontró que el uso de un diseño CFT resultó efectivo en la comprensión de problemas complejos por parte de los estudiantes.

En la misma línea de investigación Molenaar, van Boxtel, y Sleegers (2010) desarrollaron un estudio llamado “Los efectos de andamiajes metacognitivos en las actividades de grupos pequeños” con el cual pretendieron determinar el efecto de andamiajes metacognitivos y las diferentes formas de andamiajes en las actividades metacognitivas de grupos pequeños de trabajo. La principal pregunta de investigación que se abordó en esta investigación fue: ¿Los andamiajes metacognitivos en grupos pequeños estimula actividades metacognitivas y desarrolla habilidades metacognitivas?

Para cumplir el propósito del estudio y dar respuesta a la pregunta de investigación se realizó un experimento con estudiantes de educación primaria en un diseño experimental, dos grupos experimentales recibieron andamiajes, comparados con un grupo control que no los recibió. Los grupos experimentales recibieron dos tipos diferentes de andamiajes: un grupo recibió andamiajes estructurales con los cuales se estimularon actividades metacognitivas en el plano interpersonal, el otro grupo recibió andamiajes problematizadores mediante los cuales se tuvo en cuenta a los individuos para llevar a cabo las actividades metacognitivas.

Para el estudio se seleccionaron 52 triadas las cuales fueron distribuidas de manera aleatoria a una de las tres condiciones del experimento: 1. Grupo control, sin andamiajes (16 triadas), 2. Grupo experimental 1 con andamiajes estructurales (17 triadas) y 3. Grupo experimental 2 con andamiajes problematizadores (19 triadas). En este estudio se utilizó un entorno de aprendizaje llamado “Ontdekt”, el cual incorporó tres elementos del diseño de entornos de aprendizaje abiertos: tareas de aprendizaje constructivo, un entorno situado y aprendizaje colaborativo. Los maestros solo proporcionaron una sesión global, luego de eso los estudiantes eligieron sus propias metas y sus estrategias de aprendizaje, de esta manera los estudiantes fueron alentados al aprendizaje autorregulado. Los andamiajes

computarizados fueron integrados de forma dinámica en el ambiente de aprendizaje. Un sistema de gestión de la atención fue utilizado para determinar cuándo y qué clase de andamiaje enviar a los estudiantes.

Los resultados de sus investigaciones mostraron que los andamiajes pueden tener un efecto significativo en las actividades metacognitivas de los estudiantes, las triadas que recibieron andamiajes realizaron, significativamente, más actividades metacognitivas en el plano interpersonal. Adicionalmente, los andamiajes lograron efectos significativos en el desarrollo de las tareas propuestas, las triadas continuaron mostrando más actividades metacognitivas luego que los andamiajes fueron retirados. Finalmente no se encontraron diferencias significativas entre las dos formas de andamiaje, las triadas que recibieron andamiajes problematizadores no mostraron mayores actividades metacognitivas comparadas con las triadas que recibieron andamiajes estructurales.

Molenaar, Roda, van Boxtel, y Sleegers, (2012) desarrollaron un estudio titulado “andamiajes dinámicos en aprendizaje socialmente regulado en un ambiente de aprendizaje basado en el computador” que tuvo por objetivo explorar los efectos de andamiajes dinámicos con un sistema de gestión de la atención en el rendimiento de diadas, su percepción del entorno de aprendizaje y la adquisición de conocimiento de los estudiantes. Los investigadores indicaron que las percepciones de los estudiantes sobre el medio de aprendizaje impulsan su motivación y en consecuencia, su inversión en actividades cognitivas y metacognitivas, por lo tanto decidieron evaluar esta percepción y cómo cambia durante el aprendizaje.

Durante el estudio se abordaron las siguientes preguntas: 1. ¿Qué efectos tiene un andamiaje dinámico de regulación social del aprendizaje en el aprendizaje de los estudiantes? 2. ¿Qué efectos tiene un andamiaje de regulación social del aprendizaje en la percepción de los estudiantes acerca de los ambientes de aprendizaje?

En un diseño experimental la condición de andamiajes dinámicos fue comparada con una condición control. Los estudiantes en la condición de andamiaje fueron apoyados con andamiajes dinámicos cognitivos y metacognitivos que fueron ajustados por el progreso de las diadas, las diadas en condición de control no recibieron andamiajes.

Los participantes fueron 110 estudiantes de 4 colegios de grado quinto, fueron conformadas 55 diadas con las siguientes características: un niño con una niña y las

habilidades en el uso de las TIC, las parejas fueron asignadas aleatoriamente en uno de los dos grupos. La duración total del experimento fue de 6 sesiones de trabajo de 45 minutos cada una. Durante las sesiones los estudiantes trabajaron en un reto llamado “¿Te gustaría vivir en el extranjero?”, el objetivo del reto era que aprendieran acerca de Nueva Zelanda, durante el reto debían escribir sus descubrimientos y decidir si les gustaría vivir en ese país. El ambiente de aprendizaje e-learning usado en este estudio se llamó “Ontdeknet”. Su objetivo fue apoyar a los estudiantes de manera virtual con expertos. Los expertos ofrecían a los estudiantes información sobre el conocimiento que tienen de su país, estas contribuciones de los expertos eran editadas por el editor (humano) de “Ontdeknet”, para los propósitos del estudio, el sistema fue mejorado con andamiajes dinámicos.

Los resultados de esta investigación permitieron concluir que los andamiajes dinámicos incrementan la ejecución del trabajo por parejas, sin embargo la percepción sobre el ambiente de aprendizaje muestra que para los estudiantes, el sistema es más útil al comienzo que al final. También es importante resaltar que el ambiente de aprendizaje tuvo un efecto positivo en la ejecución de las tareas por parte de las parejas. Sin embargo los estudiantes que recibieron los andamiajes no mostraron diferencias significativas respecto del dominio del conocimiento en comparación con el grupo control.

De otro lado Huang, Wu, y Chen (2012) realizaron un estudio llamado “los efectos de andamiajes procedimentales en “papel-mas-Smartphone” en un contexto de aprendizaje colaborativo” con el propósito de evaluar la efectividad de un andamiaje procedimental en un grupo de estudiantes para fomentar los niveles discursivos grupales en un “papel-mas-Smartphone”. El estudio se dirigió a responder las siguientes preguntas: 1. ¿Existe una diferencia significativa en los niveles discursivos grupales entre estudiantes que reciben andamiajes procedimentales y estudiantes que no los reciben en un contexto de aprendizaje colaborativo de “papel-más-Smartphone”? 2. ¿Existe una diferencia significativa en el aprendizaje grupal entre estudiantes que reciben andamiajes procedimentales y estudiantes que no los reciben en un contexto de aprendizaje colaborativo de “papel-más-Smartphone”? y 3. ¿Existe una diferencia significativa en los resultados del aprendizaje individual entre estudiantes que reciben andamiajes procedimentales y estudiantes que no los reciben en un contexto de aprendizaje colaborativo de “papel-más-Smartphone”?.

Para dar respuesta a estas preguntas se realizó un experimento de método mixto en el cual participaron 60 estudiantes de la universidad del norte de Taiwán. Luego que fueron

seleccionados los participantes, cada uno tuvo la posibilidad de seleccionar su grupo de trabajo, y se conformaron 20 grupos, los cuales fueron luego asignados de manera aleatoria entre el grupo control y el grupo experimental, cada uno de los cuales tenía 10 grupos. Para el desarrollo del experimento se usaron, para fomentar la comunicación entre los estudiantes, textos escritos, Smartphone, servidores web y conexión inalámbrica a internet.

Los andamiajes procedimentales integraron textos escritos en papel y Smartphone, se desarrollaron diferentes materiales de aprendizaje como textos de papel que incluían códigos QR y recursos digitales pre-diseñados.

Para la recolección de los datos se usaron pre-test y pos-test y hojas de trabajo, los investigadores usaron ANCOVA para el análisis de los datos.

Luego del experimento y al contrastar los resultados con estudios previos, los investigadores pudieron comprobar que sin el apoyo de los andamiajes las respuestas finales a las discusiones asignadas a los grupos de trabajo parecieron no alcanzar los niveles de pensamiento de orden superior, porque los miembros del grupo no negociaron el significado de la construcción del conocimiento con sus compañeros, por el contrario los andamiajes procedimentales ayudaron a los estudiantes a prepararse para desarrollar habilidades de discusiones en grupo para solucionar problemas.

Los investigadores también pudieron establecer que hubo más participación activa y negociación más significativa en el grupo experimental, en comparación con el grupo control. Del mismo modo los resultados del experimento permitieron concluir que los estudiantes que recibieron los andamiajes experimentaron interacciones más eficaces y aprendizajes significativos. Los investigadores, además encontraron, que los participantes en el grupo experimental proporcionaron una retroalimentación más constructiva al responder a las preguntas de los miembros del grupo; en el grupo experimental los estudiantes participaron de manera más activa en las discusiones, mientras los participantes en el grupo control tendieron a intercambiar información menos constructiva en las discusiones propuestas.

Raes, Schellens, De Wever, y Vanderhoven (2012) realizaron un estudio llamado “andamiajes para la solución de problemas de investigación en aprendizaje colaborativo en la web”. Estos autores investigaron el impacto de diferentes modos de andamiajes en estudiantes de ciencias a través de proyectos de investigación basados en la web. Este estudio estuvo orientado a resolver dos preguntas de investigación: 1. ¿Cuál es el impacto de

múltiples modos de andamiajes sobre el dominio del conocimiento y la conciencia metacognitiva de los estudiantes durante la solución de problemas? Y 2. ¿Las características personales de los estudiantes y sus conocimientos previos afectan la manera en la cual interactúan con los andamiajes?

En este estudio los efectos de los andamiajes fueron medidos a través de pre-test y pos-test, durante la primera sesión los participantes completaron el pre-test y comenzaron por parejas la actividad introductoria en el ambiente de aprendizaje en la plataforma WISE, todo el proyecto consistió en cuatro actividades principales sobre el calentamiento global. Al finalizar el proyecto todos los estudiantes completaron el pos-test de manera individual. Para el análisis de las pruebas se tuvo en cuenta el dominio específico del conocimiento acerca del calentamiento global y la conciencia metacognitiva de los participantes en el estudio. El proyecto estuvo impulsado por lograr el objetivo de aprendizaje, el cual fue seleccionado de los estándares nacionales de ciencias; pero además de esto, otros objetivos del proyecto de investigación se centraron en la solución de un problema y la manera en la cual los estudiantes eran capaces de buscar, seleccionar, recopilar y utilizar información de la web como evidencia para apoyar sus respuestas y argumentaciones.

Los múltiples modelos de andamiajes fueron investigados en un diseño cuasi experimental de estudio factorial 2x2 con tres condiciones experimentales: 1. Andamiajes ofrecidos por el docente, 2. Andamiajes ofrecidos por la tecnología, 3. Ambas formas de andamiaje y 4. Una condición control

Los resultados de este estudio permitieron concluir que aunque ya se reconoce la necesidad de los andamiajes durante el aprendizaje basado en la web, es necesario que se ofrezca una visión más clara sobre como fomentar la búsqueda de información y el desarrollo de habilidades para solucionar problemas, así mismo los resultados indicaron que el aprendizaje con apoyo de andamiajes contribuye a mejorar el dominio del conocimiento y la conciencia metacognitiva.

Phumeechanya y Wannapiroon, (2014) realizaron un estudio llamado “Diseño de actividades de aprendizaje basadas en problemas con andamiajes en un ambiente de aprendizaje ubicuo para desarrollar habilidades en la solución de problemas” el cual tuvo dos objetivos centrales: 1. Diseñar actividades de aprendizaje basado en problemas con andamiajes en ambientes de aprendizaje ubicuos para desarrollar destrezas en la solución de problemas. 2. Evaluar las actividades de aprendizaje basado en problemas con andamiajes en

ambientes de aprendizaje ubicuos para desarrollar destrezas en la solución de problemas. El estudio se desarrolló en varias etapas: 1. Estudiar, analizar y sintetizar la documentación e informes de investigaciones relevantes para los elementos conceptuales relacionados con el estudio. 2. Realizar una entrevista con los estudiantes acerca de sus habilidades para usar las TIC en el aprendizaje y sobre su estilo cognitivo. 3. Diseñar actividades de aprendizaje basado en problemas con andamiajes para desarrollar habilidades en la solución de problemas. 4. Presentar las actividades de aprendizaje para que fueran validadas por expertos. 5. Crear herramientas de evaluación para las actividades de aprendizaje. 6. Presentar las actividades a 5 expertos en los campos de diseño instruccional, aprendizaje ubicuo, aprendizaje basado en problemas y andamiajes, para la evaluación de la idoneidad. 7. Mejorar el modelo según las sugerencias de los expertos. 8. Analizar los resultados de la evaluación por medio del modelo de la desviación estándar que consta de 5 criterios para la evaluación de acuerdo con la idea de la escala de Likert.

Luego del desarrollo de todas las fases para el estudio Phumeechanya y Wannapiroon, (2014) establecieron que actividades que se basen en el modelo de aprendizaje basado en problemas con andamiajes deben tener en cuenta el uso de diferentes tipos de andamiaje para ayudar a los estudiantes en cada momento del problema según las necesidades que allí se presenten, y sugieren establecer pasos para las actividades con estas características: 1. Estudio del contenido, 2. Presentación del problema, 3. Planeación de la solución del problema, 4. Solución del problema y 5. Identificación de generalización y principios que se deriven desde el estudio del problema.

Chen y Law (2016) realizaron un estudio llamado “Andamiajes individuales y aprendizaje colaborativo basado en juegos para mejorar el rendimiento y la motivación intrínseca” que tuvo por objetivo explorar las relaciones entre los andamiajes estáticos y dinámicos, la motivación y el rendimiento académico en un entorno de aprendizaje basado en juegos.

Se inició el estudio con la hipótesis que los andamiajes estáticos propiciarían conflictos socio-cognitivos, lo que podría llevar a procesos de argumentación a los estudiantes; otra hipótesis fue que los andamiajes podían aumentar aprendizajes de un dominio específico del conocimiento y finalmente que la interacción entre andamiajes estáticos y dinámicos podían guiar a los estudiantes en el trabajo colaborativo.

Es este estudio participaron 254 estudiantes de séptimo grado durante 8 sesiones de clase en un colegio de una región central de Taiwán; los estudiantes fueron distribuidos de manera aleatoria en cuatro grupos que contaban con las siguientes condiciones: 1. Grupo control, 2. Andamiajes y trabajo individual, 3. Trabajo colaborativo sin andamiaje y 4. Trabajo colaborativo y andamiajes, los grupos fueron de 3 personas. Se trabajó con tres materiales: un ambiente de aprendizaje llamado “Carrot Land”, un manual de instrucciones sobre fuerza y movimiento y andamiajes estáticos que fueron ofrecidos a los estudiantes para facilitar la construcción conceptual y la comprensión de los conceptos de fuerza y movimiento.

Como instrumentos para la recolección de la información se usaron: 1. Una prueba de rendimiento que fue construida por dos maestros expertos, la prueba tenía 20 preguntas de selección múltiple y cada una tenía un punto de valor, con solo una respuesta correcta de cuatro posibles y 2. Una encuesta de motivación intrínseca (MacAuley, Duncan & Tammen, 1989, citados por Chen & Law, 2015) que incluye tres subescalas: interés, competencia y autonomía las cuales son evaluadas bajo la escala Likert.

Todos los participantes en este estudio participaron en una sesión introductoria para familiarizarse con el procedimiento del estudio y con el juego. También se aplicó un pre-test, después de esto los estudiantes fueron divididos en los cuatro grupos descritos con anterioridad. En el grupo 1 los estudiantes usaron tabletas para jugar, en el grupo 2 los estudiantes jugaron de manera individual con andamiajes estáticos y se veían obligados a escribir los resultados de su juego, en el grupo 3 los estudiantes jugaban juntos y además discutían durante el juego, finalmente el grupo 4 reunía todas las condiciones anteriores.

Los resultados del estudio mostraron que los andamiajes en un ambiente de aprendizaje con juegos tienen un impacto negativo en la motivación, en concreto los andamiajes estáticos tuvieron impactos negativos sobre la competencia, la autonomía y el interés y los andamiajes dinámicos tuvieron un impacto negativo en la autonomía. Sin embargo el uso de andamiajes dinámicos permite a los estudiantes trabajar juntos, co-construir el conocimiento y negociar significados.

### **Autorregulación**

Una segunda variable que se tuvo en cuenta en este proceso de investigación fue la autorregulación del aprendizaje, para la cual se presentarán a continuación algunas de las

investigaciones que se han desarrollado en este campo y los hallazgos más importantes y relevantes para la presente propuesta.

Azevedo, Cromley, y Seibert (2004) desarrollaron una investigación llamada “¿Cómo los andamiajes adaptativos facilitan en los estudiantes la habilidad para regular su aprendizaje con hipermedia?”, en ésta examinaron el papel de diferentes tipos de andamiajes para facilitar el aprendizaje autorregulado de los estudiantes. Los participantes del estudio fueron asignados aleatoriamente a tres condiciones: andamiajes adaptativos, andamiajes fijos y trabajo sin andamiajes, además fueron entrenados para usar un ambiente de aprendizaje hipermedia para aprender sobre el sistema circulatorio.

Para esta investigación participaron 51 estudiantes universitarios (38 mujeres y 13 hombres) de una universidad del Atlántico medio. Su edad media era de 22 años y un pre-test demostró que todos los participantes tenían poco conocimiento acerca del sistema circulatorio. Durante la fase experimental de la investigación los participantes usaron el ambiente hipermedia Microsoft Encarta para aprender acerca del sistema circulatorio.

Para poder responder a la pregunta ¿cómo diferentes andamiajes influyen en las habilidades de los estudiantes para regular su aprendizaje? se analizaron los datos obtenidos y se clasificaron en cinco categorías de la autorregulación: Planeación, monitoreo, uso de estrategias, manejo de la tarea e interés. Respecto a la planeación los investigadores determinaron que los estudiantes en la condición de andamiajes adaptativos planearon su aprendizaje mediante la activación de su conocimiento previo, en contraste los estudiantes en la condición de andamiajes fijos planearon su aprendizaje con objetivos que tenían previamente en su memoria de trabajo y los estudiantes en condición de trabajo sin andamiajes planearon su aprendizaje mediante la creación de sub-objetivos. Respecto al monitoreo los resultados mostraron que los estudiantes en la condición de andamiajes adaptativos usaron más estrategias de monitoreo que los estudiantes en las otras dos condiciones.

De otro lado, sobre el uso de estrategias, los resultados mostraron que los estudiantes en la condición de andamiajes adaptativos usaron estrategias como encontrar temas dentro del ambiente para aprender acerca del sistema circulatorio, en contraste, un gran número de estudiantes en la condición de andamiajes fijos usaron búsquedas dirigidas por objetivos y la evaluación de contenidos como respuesta a los objetivos y, finalmente los estudiantes en la condición de trabajo sin andamiajes usaron estrategias como tomar notas, releer y seleccionar

nuevas fuentes de información. Para la categoría de desempeño en la tarea, los estudiantes en condición de andamiajes adaptativos manejaron las dificultades mediante la búsqueda de ayuda del tutor, en contraste, los estudiantes en la condición de andamiajes fijos trataron de manejar su tiempo para controlar el entorno hipermedia y así mejorar la lectura y la visualización de la información, del mismo modo, los estudiantes en la condición de trabajo sin andamiajes controlaron el ambiente hipermedia al tener en cuenta la información relevante de acuerdo con sus objetivos. Finalmente las mediciones mostraron un mayor interés por el trabajo en los estudiantes en la condición de trabajo sin andamiajes.

Luego de analizar los resultados de este estudio, los investigadores concluyeron que los ambientes hipermedia se pueden utilizar para mejorar la comprensión de temas complejos si se proporciona andamiajes adaptativos, diseñados para regular el aprendizaje. Los resultados también permitieron comprobar que los estudiantes en la condición de andamiajes adaptativos obtuvieron mejor nivel de comprensión conceptual comparado con este mismo desempeño en los estudiantes de las otras dos condiciones. Se concluyó, entonces, que proporcionar a los estudiantes andamiajes adaptativos puede facilitar su capacidad de regular su propio aprendizaje mediante el uso de varios procesos claves de la autorregulación como la planificación, el monitoreo, el uso de estrategias eficaces y el manejo de las dificultades de la tarea.

Luego de exponer una investigación que permite encontrar un puente entre el uso de andamiajes y el aprendizaje autorregulado se presenta un estudio desarrollado por Vázquez & Daura (2013) quienes realizaron una investigación titulada “Auto-regulación del aprendizaje y rendimiento académico” que partió de las siguientes hipótesis: 1. Los estudiantes llegan a la última etapa del nivel medio de formación con deficiencias respecto a la capacidad de estudio autónomo, tanto por factores de índole motivacional, como por inadecuada formación de hábitos de auto-dominio y por falta de conocimiento de las estrategias específicas que permiten abordar con provecho las tareas académicas, y 2. La calidad del rendimiento escolar se halla relacionado con la capacidad de auto-regulación.

El estudio se llevó a cabo con 120 estudiantes de la una Universidad de Buenos Aires, la investigación fue de tipo descriptivo y correlacional, se conformaron dos grupos, uno control y uno experimental. La intervención con los estudiantes se desarrolló en sesiones de trabajo grupales de 60 minutos con una frecuencia de dos veces por semana, como guía de trabajo se usó un esquema temático que abordó las siguientes cuestiones: 1. ¿Qué es estudiar

bien? 2. ¿Cómo aprovechar las horas de clase? 3. ¿Qué hacer después de las clases? Como instrumentos de medición se usaron las calificaciones de cada una de las materias en cada trimestre con su promedio y la nota final, respecto a la variable de autorregulación se usó el cuestionario MSLQ.

Luego de la intervención y el análisis de la información recolectada se pudo concluir que las medias más bajas se registran en la autorregulación metacognitiva, la regulación del esfuerzo, el manejo del tiempo y del ambiente de estudio y las estrategias de elaboración de pensamiento crítico. Estas variables correlacionan significativa y positivamente con el rendimiento académico. Además los investigadores concluyeron que la formación de estudiantes autorregulados exige que los docentes sean capaces de modelar conductas valiosas, presentar metas de sentido y asumir un compromiso con la formación integral, dentro de la cual el rendimiento académico sea una consecuencia y no una meta última.

En esta misma área de trabajo Taub, Azevedo, Bouchet, y Khosravifar (2014) desarrollaron una investigación titulada “¿Puede el uso de estrategias del aprendizaje cognitivo y metacognitivo autorregulado predecirse por los niveles de conocimientos previos de los estudiantes en ambientes de aprendizaje hipermedia?” Con este trabajo estudiaron la manera en la cual los estudiantes realizaron las interacción en un ambiente de aprendizaje hipermedia con meta tutor, e incluyeron en su análisis cómo el conocimiento previo afectó el uso de estrategias de autorregulación. El estudio se llevó a cabo con 112 estudiantes de pregrado en tres universidades de América del Norte.

Para la investigación se realizaron dos pruebas, una inicial y otra de pos-test desarrolladas por Azevedo y sus colegas. Sobre la base de sus puntuaciones en el pre-test los participantes fueron asignados a uno de dos grupos, en el primer grupo se asignaron los estudiantes con bajo conocimiento previo y el segundo grupo quedo conformado por estudiantes con altos conocimientos previos. El trabajo de intervención con los estudiantes se hizo con una ambiente que contó con 38 páginas de texto y diagramas, el entorno se encontraba mejorado por un Meta Tutor que permitió recoger una amplia gama de datos. Mientras los participantes interactuaban con el Meta Tutor cuatro agentes pedagógicos les ayudaron en el aprendizaje al proporcionar el andamiaje apropiado para cada participante.

Para recolectar la información se extrajeron los datos de los archivos de registro del sistema, donde se capturaron las interacciones de los estudiantes con el entorno, en esta selección de datos se tuvo en cuenta el uso de las estrategias de autorregulación, el tiempo en

el que iniciaron y finalizaron el uso de la estrategia y las secuencias de los procesos de autorregulación de los estudiantes.

Los resultados mostraron diferencias significativas en el uso total de estrategias de autorregulación entre los estudiantes con mayores conocimientos previos y quienes poseían menos conocimientos previos. Del mismo modo aquellos estudiantes que hicieron uso de mayores procesos de autorregulación incrementaron el uso de herramientas metacognitivas durante su proceso de aprendizaje.

Greene, Bolick, y Robertson (2010) desarrollaron un estudio llamado “Fomentar el conocimiento histórico y las habilidades de pensamiento, utilizando ambientes de aprendizaje hipermedia: El papel del aprendizaje autorregulado” en el cual examinaron cómo los estudiantes de secundaria utilizan un entorno de aprendizaje hipermedia para adquirir conocimiento declarativo de un tema histórico, así como habilidades de pensamiento histórico. Particularmente centraron su investigación en saber si el aprendizaje autorregulado estaba relacionado con la adquisición de conocimiento declarativo y el pensamiento histórico. Los investigadores guiaron el estudio con las siguientes preguntas de investigación: 1. ¿Los estudiantes adquieren conocimientos declarativos de temas históricos y habilidades de pensamiento histórico con la documentación de entornos hipermedia? Para dar respuesta a esta pregunta se compararon las puntuaciones pre-test y pos-test de los participantes en las que se midieron tanto el conocimiento sobre historia, como las habilidades de pensamiento. 2. ¿Qué tipos de procesos de autorregulación muestran los estudiantes al aprender sobre historia en ambientes hipermedia? Y 3. ¿Cuáles son las relaciones entre los conocimientos previos de los estudiantes, el uso de procesos de autorregulación y el desempeño sobre el conocimiento histórico y las habilidades de pensamiento histórico?

En el estudio participaron 40 estudiantes de una escuela de secundaria en el sureste de Estados Unidos. Las puntuaciones del pre-test confirmaron que la mayoría de los participantes tenían un mínimo conocimiento del contenido de historia. Para la recolección de la información los investigadores usaron pruebas de pre-test y pos-test además de las interacciones de los participantes con el ambiente de aprendizaje hipermedia.

Los resultados permitieron concluir que los ambientes hipermedia tienen el potencial de fomentar la comprensión compleja de contenidos sobre temas históricos y el desarrollo de habilidades de pensamiento histórico, pero además la investigación sugirió que sólo los estudiantes que son eficaces en la autorregulación de su aprendizaje son capaces de

beneficiarse verdaderamente de entornos de aprendizaje basados en el computador. Los resultados también demostraron que aquellos estudiantes que no poseen conocimientos previos pueden equiparar sus desempeños con aquellos que si los tienen con el uso de estrategias de planeación dentro de las estrategias del aprendizaje autorregulado. Estos resultados sugirieron que se necesitan más investigaciones sobre cómo los estudiantes pueden ser alentados a planificar adecuadamente cuando se utiliza un ambiente de aprendizaje hipermedia, los resultados de esta investigación también sugirieron que las intervenciones diseñadas para reforzar habilidades de autorregulación puede tener beneficios en términos de los resultados del aprendizaje.

Broadbent & Poon, (2015) realizaron una investigación bibliográfica llamada “estrategias de aprendizaje autorregulado y rendimiento académico en entornos de aprendizaje en línea en educación superior: Una revisión sistemática” en la cual realizaron una búsqueda en bases de datos sobre los estudios publicados entre 2004 y 2014 acerca de las estrategias de autorregulación como elemento para mejorar los logros académicos en entornos de aprendizaje hipermedia.

La estrategia de búsqueda abarcó sistemáticamente artículos publicados en bases de datos como PsycINFO, CINAHL, ERIC, MEDLINES y psychARTICLES. La búsqueda se centró en explorar estrategias de autorregulación y el logro de aprendizaje en entornos de educación superior, los trabajos se limitaron a mirar artículos en revistas publicadas en la última década en idioma inglés entre los años 2004 a diciembre de 2014.

Solo los estudios con estudiantes universitarios o de secundaria fueron incluidos en esta revisión. Luego de la revisión sistemática los investigadores encontraron que las estrategias de aprendizaje autorregulado más utilizadas son las relacionadas con gestión del tiempo, la metacognición y el pensamiento crítico de aprendizaje. Se encontró que el uso de este tipo de estrategias presenta correlaciones positivas y significativas con el éxito académico en los entornos en línea comparados con los efectos de estas mismas estrategias en el aula tradicional.

Otra investigación desarrollada en el campo de la autorregulación fue liderada por Perry, Hutchinson, y Thauberger (2008), la investigación titulada “Hablando de enseñanza del aprendizaje autorregulado: Andamiajes y uso de prácticas docentes para promover el aprendizaje autorregulado en los estudiantes”. En esta investigación los autores reconocen que el aprendizaje autorregulado favorece el éxito académico dentro y fuera de la escuela, así

que proponen la manera en la cual los profesores pueden implementar prácticas que apoyen en la escuela primaria el desarrollo de estrategias de aprendizaje autorregulado. Los investigadores plantearon tres preguntas para conducir su estudio: 1. ¿Qué nivel de experiencia se requiere para crear ambientes que promuevan el aprendizaje autorregulado? 2. ¿Cómo pueden los maestros obtener conocimientos sobre estrategias de aprendizaje autorregulado? Y 3. ¿Cómo los expertos en autorregulación deben influir en los docentes novatos para que estos diseñen ambientes de aprendizaje autorregulado?

Para el desarrollo de esta investigación se conformaron 17 diadas integradas por un maestro mentor y un maestro-estudiante, los maestros mentores eran expertos en autorregulación y los maestros-estudiantes eran maestros interesados en promover prácticas de autorregulación entre sus estudiantes de básica primaria en una comunidad de Vancouver. Para la recolección de la información se usaron observaciones y discusiones entre mentores y maestros; luego se usaron las transcripciones de estas discusiones para evaluar como los maestros – estudiantes promovían las prácticas de aprendizaje autorregulado.

Durante el análisis de las transcripciones se establecieron seis categorías conceptuales que se asociaron directamente con la promoción del aprendizaje autorregulado: elección, desafío, auto-evaluación, apoyo de compañeros, tareas complejas y ayuda del profesor. Se establecieron correlaciones entre las categorías tomadas de las discusiones de los maestros y las observaciones de las clases, y se pudo determinar que luego de las discusiones las practicas que promovían el aprendizaje autorregulado en el aula tenían una correlación significativa, lo que permitió concluir que ampliar el conocimiento de los maestros sobre los beneficios y las estrategias para promover la autorregulación pueden favorecer este tipo de prácticas al interior de las aulas.

Finalmente Moos & Azevedo (2008) desarrollaron una investigación llamada “Aprendizaje autorregulado con hipermedia: El rol de los conocimientos previos” con la cual pretendían examinar la relación entre el conocimiento previo y el aprendizaje autorregulado con hipermedia, específicamente el uso de estrategias de monitoreo y la planificación. Concretamente este estudio abordó dos preguntas de investigación: 1. ¿En qué medida el conocimiento previo de los estudiantes está relacionado con la manera en la que regulan su proceso de aprendizaje en ambientes hipermedia? Y 2. ¿Cómo pensar en voz alta y las verbalizaciones de los estudiantes demuestran la relación entre el conocimiento previo de los éstos y su autorregulación del aprendizaje en ambientes hipermedia?

49 estudiantes de pregrado matriculados en clase de psicología educativa de una universidad pública del Atlántico Medio participaron en este estudio. Cada uno de los participantes trabajó en una sesión en la que durante los primeros 20 minutos se les ofreció el tiempo para completar una prueba preliminar, luego durante 40 minutos pudieron interactuar con un entorno hipermedia en el que tenía por objetivo aprender sobre el sistema circulatorio. Se les condicionó a los participantes a “pensar en voz alta” mientras usaban el ambiente; las verbalizaciones durante la tarea de aprendizaje fueron grabadas y posteriormente utilizadas para analizar su aprendizaje autorregulado.

Con los datos obtenidos se realizaron correlaciones que indicaron que los participantes con mayor conocimiento previo tendieron a usar significativamente más los procesos de planeación y monitoreo durante el proceso de aprendizaje, mientras que los participantes con menor conocimiento previo tendieron a usar significativamente más estrategias durante el aprendizaje con hipermedia. Del mismo modo los resultados indicaron que los estudiantes con mayor conocimiento previo planearon su aprendizaje mediante la activación de los objetivos del conocimiento, del mismo modo estos estudiantes supervisaron su aprendizaje mediante la evaluación del contenido de hipermedia y expresaron un sentimiento de aprendizaje exitoso con mayor frecuencia que los estudiantes con menos conocimiento previo. Finalmente los estudiantes con menos conocimientos previos utilizaron estrategias como tomar notas, resumir y memorizar con más frecuencia que los estudiantes con mayor conocimiento previos.

## **Solución de Problemas**

Como variable dependiente en este estudio, la solución de problemas fue analizada en este apartado, se presentan algunas investigaciones previas en las cuales los autores han usado herramientas como los andamiajes y la autorregulación del aprendizaje para favorecer la habilidad de solución de problemas en los estudiantes.

Chen y Bradshaw (2014) realizaron un estudio llamado “El efecto de las preguntas a través de internet en andamiajes que integran el conocimiento y la solución de problemas mal estructurados”. El propósito de este estudio fue investigar los efectos de (a) la integración del conocimiento, (b) las indicaciones para resolver problemas y (c) tanto la integración del conocimiento como las indicaciones para resolver problemas con andamiajes conceptuales, en los procesos de la solución de problemas mal estructurados. El estudio estuvo guiado por

las siguientes preguntas de investigación: 1. ¿Solo el uso de la integración del conocimiento, o solo las indicaciones para resolver problemas o la combinación de ambas opciones tiene un efecto sobre la adquisición del conocimiento de los estudiantes y la manera en la cual solucionan problemas en un entorno de aprendizaje basado en la web? 2. ¿Cómo el uso de diferentes preguntas influye en el conocimiento conceptual y la resolución de problemas mal estructurados?

En este estudio se empleó un método mixto de investigación. El uso de los métodos cuantitativos y cualitativos ayudó a examinar los resultados a partir de diferentes fuentes de datos y así se amplió el alcance del estudio. El estudio experimental, fue diseñado para responder la pregunta No. 1, fue conducido para medir el conocimiento conceptual y la solución de problemas mal estructurados, de otro lado el estudio cualitativo consistió en analizar los reportes sobre la solución de los problemas y entrevistas adicionales para encontrar medidas cuantitativas.

En el estudio participaron 51 estudiantes, los cuales fueron distribuidos de manera aleatoria a una de cuatro condiciones diseñadas (a) Integración del conocimiento (b) Indicaciones para la solución de problemas (c) Combinación entre las indicaciones para la solución de problemas y la integración del conocimiento (d) Condición control. Los andamiajes en este ambiente de aprendizaje fueron diseñados para apoyar la ejecución de las tareas al establecer el siguiente proceso: presentación del problema, planeación de soluciones, seguimiento del plan y evaluación del plan.

Luego del análisis de los datos para cada uno de los componentes del estudio (cuantitativo y cualitativo) los investigadores concluyeron que aunque no se observó una diferencia significativa entre los estudiantes que recibieron andamiajes y los estudiantes que no los recibieron, en relación con la construcción de su conocimiento, aquellos estudiantes que recibieron andamiajes tuvieron más facilidades para explicar sus razonamientos para los planes de solución a los problemas propuestos. Los participantes que recibieron andamiajes en la integración del conocimiento hicieron mayores esfuerzos intencionales para identificar más conceptos y establecer las relaciones necesarias para dar solución a los problemas, de otro lado los estudiantes que se encontraron en la condición de indicaciones para la solución de problemas presentaron mayor dificultad para identificar los conceptos necesarios y relacionarlos entre sí en el desarrollo de las tareas, sin embargo, este grupo mostró mayores esfuerzos en la construcción de soluciones y la argumentación para su posterior

implementación. Finalmente al analizar las entrevistas los participantes que recibieron andamiajes sobre la integración del conocimiento manifestaron que este tipo de ayudas les permitió pensar sobre diferentes aspectos y relacionarlos entre sí.

Por otro lado Ling, Cheung, y Hew (2010) desarrollaron un estudio llamado “solución de problemas mal estructurados en discusiones en línea asincrónica: incorporación de andamiajes Vs. no andamiajes”. En él exploraron el efecto que el uso de andamiajes produce en ambientes de aprendizaje en línea en procesos de resolución de problemas mal estructurados. Este estudio estuvo guiado por las siguientes preguntas de investigación: 1. ¿Qué tipos de procesos de resolución de problemas mal estructurados se evidencian en un debate asincrónico con andamiajes? 2. ¿Qué tipos de procesos de resolución de problemas mal estructurados se evidencian en un debate asincrónico sin andamiajes? 3. ¿Hay una diferencia significativa entre el número de procesos de resolución de problemas mal estructurados en las discusiones en línea entre participantes que reciben andamiajes y estudiantes que no los reciben?

En este estudio participaron 22 estudiantes graduados que tomaban un curso de posgrado en una universidad de Singapur. El total de participantes tenían experiencia en el uso de discusiones asincrónicas. Para las discusiones en línea se usaron dos plataformas, “Blackboard” y “Knowledge community”, ambas plataformas son de debate y permiten ver a los participantes publicaciones en línea, verificar las participaciones de cada autor y la fecha de publicación de cada participación, en ambas plataformas se muestran resaltados los mensajes no leídos. La mayor diferencia entre las plataformas es que “Knowledge community” permite al instructor insertar etiquetas de mensajes y oraciones de apertura en el espacio de discusión, estas dos herramientas funcionaron como andamiajes para ayudar a los estudiantes a completar su tarea, estos fueron predeterminados por los investigadores e incrustados en el ambiente. Para determinar las oraciones de apertura los investigadores tuvieron como marco de referencia el marco teórico sobre la resolución de problemas mal estructurados, así se organizaron conjuntos de etiquetas de mensajes que tenían en cuenta: La identificación del problema, el desarrollo de la solución y la discusión; luego los investigadores incluyeron oraciones de apertura como por ejemplo “mi opinión es”, “me gustaría sugerir que”, “la explicación es”. Para el grupo que utilizó “Blackboard” no se proporcionaron los andamiajes.

El diseño de esta investigación fue de tipo cuasi-experimental. Se asignaron de manera aleatoria los estudiantes en dos grupos: el grupo control y el grupo experimental. El grupo control usó la plataforma de discusión sin andamiajes “Blackboard” y el grupo experimental usó la plataforma “Knowledge community”. Para aclarar las tareas y los objetivos de las discusiones en línea los participantes tuvieron una sesión cara a cara, luego los estudiantes tuvieron una sesión práctica para probar las características de las plataformas y luego tuvieron 2 semanas de discusión en línea en cada una de las plataformas; estas discusiones no fueron moderadas por el tutor, los estudiantes tenían el control total de las discusiones.

Los resultados de este estudio mostraron que el uso de andamiajes no dio lugar a una diferencia significativa en el número de procesos usados para la solución de problemas; sin embargo un análisis más detallado por parte de los autores reveló que hubo una selección equivocada de los mensajes (andamiajes) y que los estudiantes usaron muy poco las oraciones de apertura y esto pudo afectar los resultados de los estudiantes, por lo que los autores sugirieron diseñar nuevas investigaciones para confirmar los resultados obtenidos en esta investigación.

Otro estudio llamado “El diseño de andamiajes conceptuales para el apoyo en la solución de problemas matemáticos” fue llevado a cabo por Rittle-Johnson y Koedinger (2005), en éste se presentó una metodología para el diseño de ambientes de aprendizaje en la cual se establecieron varias fases: la evaluación de conocimientos previos, el diseño y la aplicación de andamiajes para la solución de problemas y la evaluación de los aprendizajes construidos por los estudiantes. En este estudio se evaluó el papel de tres tipos de conocimiento: contextual, conceptual y procedimental para la solución de problemas con adición o sustracción de fracciones en estudiantes de grado sexto. Participaron 223 estudiantes de grado sexto procedentes de dos poblaciones diferentes para aumentar la generalización de los resultados. El estudio se realizó en tres fases: 1. Identificar los conocimientos previos de los estudiantes mediante una prueba previa, 2. Diseño e implementación del trabajo que se generó a partir de los resultados de la fase 1. La intervención se llevó a cabo a través de un sistema de tutor inteligente. Y 3. Evaluar la intervención con una prueba posterior idéntica a la evaluación previa.

Los resultados obtenidos por los estudiantes luego de la intervención indican que los andamiajes para los tres tipos de conocimientos (conceptual, procedimental y contextual)

facilitaron el aprendizaje de las operaciones de sumas y restas con fracciones, estos hallazgos sugirieron que los andamiajes para estos tres tipos de conocimientos durante la enseñanza pueden ser una herramienta prometedora para mejorar el aprendizaje. Al comparar el pre-test y el pos-test, los estudiantes tuvieron más precisión en la solución de los problemas. Sin embargo al comparar los andamiajes conceptuales y procedimentales, los investigadores concluyeron que los andamiajes procedimentales parecían facilitar la solución de problemas mediante la sustitución de procesos complejos para los estudiantes por procesos más simples, esto puede evitar recursos de memoria de trabajo en los estudiantes y liberar recursos para centrarse en la identificación de información relevante y completar con éxito otros componentes de la tarea

Lazakidou y Retails (2010) desarrollaron una investigación llamada “El uso de estrategias de aprendizaje colaborativo apoyado por computador para ayudar a los estudiantes a adquirir habilidades de resolución de problemas autorregulados en matemáticas” cuyo objetivo principal fue investigar la eficacia de un ambiente de aprendizaje autorregulado en la solución de problemas en estudiantes de básica primaria. La instrucción propuesta se basó en el modelo de Sternberg el cual propone tres fases principales: la observación, la colaboración y la orientación semi-estructurada.

El método propuesto consistió en una secuencia de actividades de aprendizaje para aumentar la resolución de problemas, la metacognición y las habilidades de autorregulación. En primer lugar los estudiantes debían observar a un experto que llevó a cabo una tarea de resolución de problemas de forma sistemática (es decir, al usar el modelo de Sternberg). A continuación se les pidió a los estudiantes que colaborarán en un grupo de cuatro, así como en pares para resolver problemas similares. Después de esto, los estudiantes intentaban resolver el problema de manera individual guiados por directrices muy detalladas que también ayudaron a articular su proceso de resolución de problemas. Finalmente eran capaces de resolver un problema sin ningún tipo de instrucciones o directrices. El método de instrucción propuesto hizo énfasis en el papel de la colaboración. Para la implementación del trabajo se usaron dos ambientes computacionales “Synergo” que permitió la construcción de soluciones colaborativas para los problemas de acuerdo con el modelo de Sternberg mediante el diseño de gráficos y la plataforma Moodle mediante la cual los estudiantes podían resolver los problemas y acceder a información extra.

En este estudio participaron 24 estudiantes de cuarto grado de una región rural de Grecia. El trabajo con los estudiantes tomó dos meses, durante los cuales los estudiantes interactuaron con 10 escenarios de resolución de problemas que fueron diseñados para el estudio. Todos los estudiantes asistieron a una sesión de dos horas para familiarizarse con las herramientas de Synergo y Moodle. Durante el estudio hubo un observador en el laboratorio, el cual fue responsable de la asistencia técnica y el registro de la aplicación del método en un diario.

Los resultados de esta intervención permitieron establecer que ofrecer a los estudiantes un método sistemático para la solución de problemas permite el desarrollo de habilidades metacognitivas, los estudiantes demostraron al finalizar la intervención el uso de estrategias como la organización de la información, el monitoreo y la evaluación del proceso antes de tomar la decisión final sobre el problema resuelto. Así mismo los hallazgos permitieron establecer que los estudiantes en ambientes de aprendizaje autorregulado pueden aumentar sus habilidades para la solución de problemas en períodos de tiempo relativamente cortos, al mismo tiempo pueden mejorar su autonomía en el acercamiento a la solución de los problemas. Sin embargo, los investigadores concluyen su trabajo con una recomendación encaminada a la necesidad de confirmar los hallazgos de estas investigaciones, con otros estudios similares, en tanto su población fue muy pequeña para lograr generalizaciones de los resultados.

Finalmente Phonapichat, Wongwanich, y Sujiva (2014) llevaron a cabo una investigación llamada “Un análisis de las dificultades de los estudiantes de la escuela primaria en la resolución de problemas matemáticos” la cual tuvo por objetivo analizar las dificultades entre los estudiantes de educación primaria para resolver problemas matemáticos, y tuvo como guía la siguiente pregunta ¿Cuáles son las dificultades para los estudiantes de la escuela primaria en la resolución de problemas matemáticos?

La muestra para este estudio estuvo dividida en dos grupos: maestros de matemáticas de grado 5° y 6° y los estudiantes de los mismos grados. En total fueron 10 profesores y 98 estudiantes. Los instrumentos que se utilizaron en esta investigación fueron una entrevista estructurada sobre las dificultades para resolver problemas matemáticos que fue usada para entrevistar a los maestros y una prueba de encuesta escrita, de forma similar a una prueba O.NET, que fue utilizada para evaluar a los estudiantes. El análisis de los datos se realizó a través de la estadística descriptiva y el análisis de contenido.

Los resultados de este estudio sugirieron que hay varias dificultades en la resolución de problemas: 1. Los estudiantes tienen dificultades para comprender las palabras clave que aparecen en los problemas. 2. Los estudiantes no son capaces de saber cuál es la información necesaria para resolver el problema. 3. Los estudiantes tienden a adivinar la respuesta sin llevar a cabo ningún proceso de pensamiento. 4. Los estudiantes son impacientes y no les gusta leer los problemas. Luego de exponer las principales dificultades para solucionar problemas los autores consideraron que estos resultados pueden dar lugar a la creación y el desarrollo de estrategias que permitan mejorar las habilidades de solución de problemas en los estudiantes. Ahora, los resultados luego de realizar las encuestas a los estudiantes mostraron que: 1. Los estudiantes no entienden cuál es la pregunta del problema. 2. Los estudiantes a menudo comenten errores en la escritura de oraciones matemáticas. 3. Los estudiantes tienen dificultades para la interpretación de las palabras clave del problema. 4. Los estudiantes a veces son descuidados cuando leen los problemas. 5. El proceso de resolución de problemas por parte de los estudiantes no es bien organizado.

## Marco Teórico

### Andamiaje

Múltiples investigaciones han demostrado como el uso de andamiajes favorece los procesos de aprendizaje de los estudiantes, inicialmente estos andamiajes fueron ofrecidos por los maestros de manera presencial a los estudiantes, y su uso estimulo el desarrollo de andamiajes basados en el computador. Sin embargo, para poder establecer la manera en la cual los andamiajes formaron parte de esta investigación es necesario establecer una definición y caracterización del término y de esta manera incluirlos dentro del ambiente de aprendizaje diseñado.

#### ¿Qué son los Andamiajes?

Los andamiajes como herramienta didáctica para el aprendizaje inició a usarse por Wood y sus colaboradores en 1976 luego de un estudio desarrollado por este grupo de investigadores, en el cual ofrecían ayuda a niños pequeños para solucionar diferentes tareas que debían resolver con un grupo de bloques. Luego de sus hallazgos ellos definieron el andamiaje como:

*“El proceso que permite a un niño llevar a cabo una tarea o alcanzar una meta que esté fuera de sus alcances, sin ayuda alguna. Este andamiaje consiste esencialmente en que el adulto controla algunos elementos de la tarea que inicialmente va más allá de la capacidad del alumno, permitiéndole así concentrarse solo en aquellos elementos que están dentro de sus competencias”* (Wood, Bruner, & Ross, 1976, p. 90)

Desde su incursión en el aprendizaje este término ha continuado su evolución tanto conceptual como práctica y en esta se puede decir, entonces, que los andamiajes son estructuras didácticas que se ofrecen temporalmente a los estudiantes y luego se eliminan gradualmente, hasta que éste sea capaz de desarrollar una tarea por sí mismo. Estas estructuras o ayudas permitirán al estudiante desarrollar competencias a un ritmo mucho más rápido que si no las tuviera. (Pea, 2004, citado por Zydney, 2012). En la actualidad el concepto de andamiaje, puede llegar a usarse inapropiadamente al confundirlo con un elemento muy importante dentro del aprendizaje: la retroalimentación, mientras ésta se presenta como el análisis que se ofrece al final de un proceso para mejorar futuros

aprendizajes, por el contrario, los andamiajes se constituyen como un proceso continuo de retroalimentación con el objetivo de apoyar el aprendizaje. (Pea, 2004, citado por Zydney, 2012)

### **Características de los Andamiajes**

Para tener una definición más precisa sobre los andamiajes es necesario establecer su caracterización y así poderlos diferenciar de otro tipo de ayudas que le sean ofrecidas a los estudiantes durante su proceso de aprendizaje. Así para Warwick, Mercer, y Kershner, (2013) Los andamiajes poseen características particulares que los definen:

*“1. La primera de estas es la **contingencia**, sugiere que los andamiajes del docente se adapten a las necesidades específicas y los niveles actuales de desempeño de los estudiantes.*

*2. La segunda característica es el **desvanecimiento**, por lo que el apoyo se retira gradualmente según el grado del desarrollo de la comprensión y la competencia de los estudiantes.*

*3. La tercera es la **transferencia de la responsabilidad**, esta característica manifiesta una intención subyacente del andamiaje, el desarrollo de la capacidad autorreguladora en los estudiantes” (p.43)*

Además de estas tres características Molennar, van Boxtel, y Sleegers (2011) proponen otras características de los andamiajes las cuales pueden ser explicadas como el por qué, el qué y el cómo de los andamiajes. El por qué se refiere a la justificación de la aplicación de un andamiaje en un ambiente de aprendizaje. El qué se refiere a las actividades clave que serán mediadas para lograr los aprendizajes deseados, en este caso los andamiajes pueden ser dirigidos hacia el objeto de aprendizaje, caso en el que se relacionan con la adquisición de conocimientos o habilidades, pero también pueden dirigirse hacia el meta nivel de aprendizaje caso en el cual se supervisan y controlan las actividades cognitivas (Nelson, 1996, citado por Molennar et al., 2011). Finalmente el cómo de los andamiajes, se refiere a la naturaleza y el diseño de los andamiajes ofrecidos, en esta característica son varios aspectos los que se deben contemplar, por ejemplo, la modalidad de la entrega, pues los andamiajes pueden ser entregados por un tutor humano o por un agente virtual; la integración en el proceso de aprendizaje y la forma del andamiaje, pues los andamiajes ofrecidos pueden ser de diferentes tipos. Estos elementos toman relevancia para determinar los efectos que esta herramienta tendrá en el aprendizaje. (Molennar et al., 2011)

Ahora bien, si los andamiajes son herramientas, estrategias o guías que pueden ser utilizadas en los procesos de aprendizaje por tutores humanos o informáticos que permiten desarrollar comprensión a los estudiantes más allá de su alcance inmediato (Graesser et al., 2000; Reiser, 2000, citados por Azevedo & Hadwin, 2005) debe tenerse claro cuáles son sus funciones para poder diseñarlos o planearlos de manera efectiva según la situación de aprendizaje y las características individuales de cada estudiante o grupo de estudiantes, Wood et al., (1976) sugiere que los andamiajes tienen seis funciones principales:

- Contratación: La participación del niño en una actividad interesante y significativa
- Reducción: El desarrollo de la actividad en torno a los componentes manejables
- Mantenimiento: Asegurar que el niño está en la tarea y en busca de una solución para esa tarea
- Marcado: Acentuar las partes principales de la actividad
- Control: La reducción del nivel de frustración durante la actividad
- Demostración: Proporcionar un modelo del método de solución para el niño

Finalmente, no se puede olvidar que la educación de las últimas décadas ha tenido una gran transformación y una migración de los ambientes naturales de aprendizaje hacia los ambientes computacionales, en este orden de ideas los andamiajes asumen una nueva visión que puede constituirse como una nueva característica. Así, en ambientes de aprendizaje basados en el computador, los andamiajes pueden ser conceptualizados como la provisión de apoyo mediado por la tecnología, ofrecido a los estudiantes que se dedican a una tarea de aprendizaje específica (Sharma & Hannafin, 2007). Los andamiajes tecnológicos pueden proporcionar apoyo procesal y metacognitivo para tareas rutinarias. La versatilidad de la tecnología también puede mejorar las interacciones de los andamiajes al ofrecer oportunidades únicas de representación y variados medios para explorar las ideas y los conceptos. Como una herramienta de motivación potenciada por la tecnología, los andamiajes pueden atraer y retener la atención para una variedad de usuarios, gracias a la distribución de la carga cognitiva ajena a los asuntos informáticos, de esta manera tanto los usuarios como los expertos pueden ser liberados para concentrarse en mayor rigor con la culminación de la tarea de aprendizaje propuesta (Sharma & Hannafin, 2007).

Varios aspectos del diseño de andamiajes en ambientes de aprendizaje basados en el computador son similares a aquellos andamiajes que se ofrecen en espacios más tradicionales

de la educación. Es necesario entonces, planificar la estrategia de selección de tareas y diseñar los andamiajes que serán ofrecidos en el ambiente según las necesidades cognitivas de los estudiantes dentro de un contexto específico de instrucción (Gaffney & Anderson, 1991, citados por Sharma & Hannafin, 2007)

Múltiples estudios han demostrado que cuando los estudiantes se encuentran en el proceso de aprender temas complejos en ambientes de aprendizaje basados en el computador y no tienen la posibilidad de acceder a herramientas como los andamiajes, muestran pobres habilidades para regular su aprendizaje y fracasos en la comprensión conceptual del tema (Azevedo & Hadwin, 2005); es por esto que investigaciones en este campo, como las reportadas en este estudio, comienzan a enfatizar en la importancia de incluir andamiajes conceptuales, metacognitivos, procedimentales y estratégicos en los ambientes de aprendizaje basados en el computador.

Esto lleva necesariamente a una nueva reflexión: si los andamiajes pueden ser proporcionados por tutores humanos o informáticos, entonces, ¿Qué pasa si no hay presente un experto? ¿Quién más puede proporcionar los andamiajes? Holton y Clarke (2006) ofrecen luces sobre esta reflexión al proponer tres maneras de ofrecer los andamiajes: Andamiajes expertos, andamiajes recíprocos y auto-andamiajes.

Las situaciones de andamiaje experto implican un tutor con la responsabilidad específica del aprendizaje de los demás, es en gran parte la noción de andamiaje propuesta originalmente por Wood et al. (1976).

Por otro lado las situaciones de andamiajes recíprocos tienen lugar cuando dos o más personas implicadas en el mismo trabajo lo realizan de manera colaborativa, y cada quien proporciona una contribución de forma que se constituye un andamiaje; típicamente, tales andamiajes se producen en el aula cuando los estudiantes trabajan en pequeños grupos (Holton & Clarke, 2006).

Finalmente los auto-andamiajes se refieren a aquellas situaciones en las cuales un individuo es capaz de proporcionar un andamiaje para sí mismo cuando requiere solucionar un nuevo problema y hace uso de sus conocimientos o experiencias previas en situaciones similares (Holton & Clarke, 2006)

## **Clasificación de los Andamiajes**

Finalmente, para tener una visión completa sobre el concepto de andamiaje no se puede olvidar su clasificación, así Kim y Hannafin (2011) clasificaron los andamiajes según la interacción en estáticos y dinámicos y según el propósito en procedimentales, conceptuales, metacognitivos y estratégicos.

### ***Andamiajes estáticos.***

También denominados fijos, se encuentran integrados en el diseño curricular (Renninger & List, 2012, p. 2923), estos andamiajes se incluyen en el momento de la planeación curricular y de manera anticipada al tener en cuenta, previa experiencia y/o evaluación diagnóstica de las dificultades más comunes que podrían presentarse entre los estudiantes al desarrollar una tarea puntual. Este tipo de andamiajes no permiten su ajuste de acuerdo con los avances.

### ***Andamiajes dinámicos.***

Este tipo de andamiaje describe las interacciones presentes en el proceso de aprendizaje que tienen por objetivo ofrecer de manera oportuna, es decir en el momento que así se requiera, un apoyo individualizado al estudiante, según la dificultad particular. Estos andamiajes pueden ser proporcionados, bien sea, por el docente o por un compañero. (Renninger & List, 2012, p. 2923). Según Hannafin, Land, y Oliver (1999) “este andamiaje más flexible, conduce a mejorar la comprensión de los estudiantes y el aprendizaje”.

Azevedo y Hadwin, (2005) explican la efectividad de este tipo de andamiajes al argumentar que “un andamiaje adaptativo brinda soporte estableciendo entre los apoyos y las acciones la planificación y el establecimiento de metas de aprendizaje, el monitoreo y la evaluación de su comprensión emergente”.

Ahora bien, según el propósito de los andamiajes Hannafin, et al., (1999) los clasifican en: Conceptual, Metacognitivo, Procedimental, Estratégico

### ***Andamiajes conceptuales.***

Este tipo de andamiaje es diseñado para ayudar en el desarrollo del dominio del conocimiento y se presta especial atención a los conocimientos previos acerca de la tarea a desarrollar. (Azevedo & Hadwin, 2005)

Los andamiajes conceptuales se ofrecen a los estudiantes cuando el tema de estudio ya está definido y los parámetros y dominios de conocimiento son establecidos externamente, esto permite anticipar los métodos o conceptos que deben manejarse. (Azevedo & Hadwin, 2005)

Estos andamiajes son definidos como las llaves conceptuales del conocimiento porque permiten crear estructuras conceptuales organizadas para solucionar un problema, estas estructuras pueden disponer de variedad de mecanismos que van desde descripciones gráficas de relaciones entre conceptos, hasta relación de subordinación entre estos. (Hannafin, et al., 1999)

### ***Andamiajes metacognitivos.***

Este tipo de andamiaje soporta aquellos procesos subyacentes asociados con la administración del aprendizaje. Los andamiajes metacognitivos pueden ser para cualquier dominio específico. Estos andamiajes proveen soportes metacognitivos para aprender acerca de las tareas que se deben resolver al formular problemas. Los procesos de andamiaje incluyen ayudas a los estudiantes considerados como planeación, la comparación y la evaluación de sus representaciones. (Hannafin, et al., 1999)

Los andamiajes mantienen presentes los propósitos o los objetivos que se tienen en cuenta con la tarea. (Hannafin, et al., 1999)

Existen diferentes formas de andamiajes metacognitivos. Molenaar et al. (Citado por Ravenscroft, Lindstaedt, Delgado Kloos, & Hernández-Leo, 2012) investigó la distinción entre las formas estructuradas y problematizadoras de los andamiajes metacognitivos y encontró que los andamiajes problematizadores parecían tener un efecto significativo en el aprendizaje del contenido requerido. Utilizaron la orientación, planificación, seguimiento, evaluación y reflexión como subcategorías de los andamiajes metacognitivos.

Sharma y Hannafin (2005) definen tres actividades principales para implementar andamiajes metacognitivos en la práctica: (1) establecer el objetivo de la actividad, (2) perfeccionamiento del objetivo a lo largo de la actividad, y (3) el aprovechamiento de las estrategias de apoyo y comunicación adecuados para permitir el logro de la meta, actividades que toman la posición de andamiajes metacognitivos y facilitan el control del aprendizaje.

Como ya se ha mencionado en párrafos anteriores, la mayoría de los investigadores estarían de acuerdo con la afirmación de Vigotsky (1978) quien plantea que la mayoría de los

estudiantes necesitan ayuda para trabajar dentro de su zona de desarrollo próximo. El proceso de los andamiajes es importante en el papel que desempeña para ayudar a los estudiantes a avanzar al siguiente nivel de dominio de conocimiento. James (2010) (citado por Dabarera, Renandya, & Jun Zhang, 2014) encontró que los andamiajes metacognitivos donde se modelaron estrategias metacognitivas mostraron una mejora significativa en el rendimiento de un grupo de profesores en formación.

Ahora bien, cada docente acorde con las metas de aprendizaje establecidas, diseña y ofrece los andamiajes que considera, requieren los estudiantes para mejorar sus desempeños de aprendizaje. Los andamiajes metacognitivos, superan la construcción de conocimiento específico, para que se logre la apropiación de herramientas metacognitivas que le permitan el aprendizaje en diferentes áreas del conocimiento. Así que para poder diseñar este tipo de andamiajes es necesario realizar una caracterización acerca de lo que es la metacognición y de esta manera establecer elementos útiles para el diseño de este tipo de andamiajes.

#### *La metacognición.*

Podría decirse que el pionero del concepto de metacognición es Flavell (1979), el escribió ampliamente sobre metacognición y desarrollo social, y propuso un “modelo de monitoreo cognitivo” en el que describió los componentes del pensamiento y el comportamiento metacognitivo del individuo. El modelo de Flavell (1979) incluye acciones e interacciones entre cuatro componentes: conocimiento metacognitivo, experiencia metacognitiva, tipo de tarea y estrategias. El conocimiento metacognitivo, es el conocimiento declarativo del individuo acerca de las interacciones entre la persona, la tarea y las características de estrategia; este conocimiento incluye tres categorías: conocimiento o creencias sobre la persona misma en cuanto sujeto cognitivo, sobre las tareas que ejecuta y sobre las estrategias que utiliza cuando se enfrenta a dichas tareas. (Pinzas, 2003). De otro lado la experiencia metacognitiva es el propio ejercicio metacognitivo; son actividades que se aplican durante la tarea a partir de la efectividad de las estrategias que se prueban. Las actividades metacognitivas se pueden clasificar en: actividades preparatorias (orientación y planificación), actividades ejecutivas (seguimiento y evaluación) y actividades de cierre (reflexión). En muchos casos los estudiantes requieren andamiajes para apoyar sus actividades metacognitivas y así mejorar la regulación de sus actividades (Molennar et al., 2011).

Ahora bien, el concepto de metacognición no se ha mantenido estático en el tiempo, conforme surgen investigadores interesados en el tema, aparecen evoluciones o contribuciones al desarrollo del concepto de metacognición. Tal es el caso de Ann Brown (1982) (Citado por Pinzas, 2003) quien decantó el término de conocimiento cognitivo, inicialmente acuñado por Flavell. Brown habló de conocimiento estático y el conocimiento estratégico, como componentes del conocimiento cognitivo; el primero se refiere a todo lo que las personas pueden verbalizar sobre su cognición y el segundo incluye los pasos que las personas toman para modificar y regular el proceso de una actividad cognitiva cuando ella ya está en curso. Para Brown (1982) (Citado por Pinzas, 2003), en el conocimiento estratégico hay un conjunto de estrategias metacognitivas generales, en el sentido de “estar presentes en casi todas las formas de actividad cognitiva”, estrategias como la planeación, la predicción o anticipación y el monitoreo hacia la meta propuesta.

Así, Braker y Brown (1982) (Citado por Pinzas, 2003) propusieron una nueva definición para la metacognición, entendida como “aquel conocimiento que toma como objeto cualquier aspecto de cualquier empresa cognitiva y como el conocimiento que regula cualquier aspecto de cualquier empresa cognitiva”. Dentro de esta concepción de metacognición Baker y Brown (1982) consideran tres tipos de destrezas metacognitivas: la conciencia, el monitoreo y la compensación. La conciencia se refiere al conocimiento que la persona tiene sobre sus propios recursos cognitivos y sobre la compatibilidad entre ellos y las demandas de las situaciones de aprendizaje a las que se enfrenta. Los mecanismos metacognitivos de monitoreo son aquellos que se usan para resolver problemas cognitivos que aparecen y dificultan la comprensión e incluyen estrategias tales como revisar los resultados obtenidos, guiar la efectividad, revisar lo hecho y evaluar el estado de la comprensión. El desarrollo y el uso de las estrategias compensatorias implican actividades correctivas que varían de acuerdo con el propósito de la actividad y con los recursos más firmes con los que cuenta el individuo.

Se puede concluir que estas dos posturas sobre la metacognición no son contradictorias, sino más bien complementarias, definiciones que pueden ofrecer luces acerca de la manera en la cual se deben diseñar andamiajes metacognitivos y cuál debe ser el contenido de estos.

Como ya se mencionó los andamiajes pueden ser diseñados para ambientes de aprendizaje basados en el computador, es necesario tener en cuenta las posibilidades de trabajo que ofrecen estos espacios y de esta manera encontrar nuevas dimensiones de

conceptos como la metacognición. Una de las características más atractivas de los ambientes de aprendizaje basados en el computador es la facilidad que ofrecen para realizar trabajo colaborativo, y basados en esta característica particular, la metacognición adquiere una reconceptualización en la cual se pasa de la metacognición a nivel individual a la metacognición en múltiples niveles, en la cual se tiene en cuenta el pensamiento sobre el pensamiento a nivel individual y social en interacción con el ambiente (Rae Kim, Park, Moore, & Varma, 2013).

En este punto es importante aclarar que independiente del nivel de metacognición al que se haga referencia, en su tratamiento se hace la distinción entre conocimiento metacognitivo y experiencia metacognitiva y entre los componentes de la metacognición como creencias y conciencia metacognitiva. Las primeras definiciones presentadas sobre metacognición hacen referencia al nivel individual de esta. Sin embargo la reconceptualización que Rae, et al. (2013) hablan del nivel social de la metacognición y en este sentido los autores consideran un grupo como un todo que posee su propio conocimiento metacognitivo y usa sus propias herramientas. La metacognición desencadenada por los miembros del grupo funciona como un todo que permite un proceso de seguimiento y regulación hacia una meta consensuada. Algunas investigaciones en este sentido han permitido concluir que aquellos estudiantes que monitorean su conocimiento metacognitivo y/o sus experiencias metacognitivas a nivel grupal, lo transfieren a sus actividades metacognitivas individuales, y son más conscientes de estas. (Rae, et al., 2013)

### ***Andamiajes Procedimentales.***

Estos andamiajes enfatizan en cómo utilizar los recursos y herramientas disponibles. Orientan sobre los recursos y sus funciones.

Los andamiajes procedimentales proveen además diversos recursos y herramientas con diferentes funciones. (Hannafin, et al., 1999)

### ***Andamiajes Estratégicos.***

Hacen énfasis en las estrategias que pueden resultar útiles para resolver una tarea.

Estos andamiajes ayudan a los estudiantes a analizar y planear las estrategias necesarias durante el proceso de aprendizaje. El objetivo de estos andamiajes es identificar y seleccionar la información necesaria, los recursos disponibles y relacionar los nuevos

conocimientos con los conocimientos existentes y las experiencias previas. (Hannafin, et al., 1999)

**Tabla 1** Clasificación de los andamiajes (Hannafin, et al., 1999)

| <b>Tipos de andamiajes</b>                                                                                                                                                                                                                 | <b>Mecanismos relacionados</b>                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Conceptual</b></p> <p>Orienta a los estudiantes en los contenidos conceptuales que es importante considerar, o bien explicitar algunos sesgos o dificultades que es probable que aparezcan al comprender determinados contenidos</p> | <p>Recomienda el uso de ciertas herramientas y estrategias particulares para solucionar problemas</p> <p>Proporciona a los estudiantes indicaciones y sugerencias específicas necesarias para identificar contenidos conceptuales importantes</p>                     |
| <p><b>Procedimental</b></p> <p>Orienta en el uso de recursos y herramientas disponibles</p>                                                                                                                                                | <p>Proporciona herramientas como mapas conceptuales y árboles de contenido</p> <p>Se proporciona instrucciones sobre las funciones y características del material</p> <p>Facilita llamadas y ventanas para definir y explicar las propiedades de las herramientas</p> |
| <p><b>Metacognitivo</b></p> <p>Orienta sobre las maneras de pensar acerca de un problema de estudio y las posibles estrategias a considerar, la búsqueda de información y el monitoreo constate durante la solución de problemas.</p>      | <p>Sugiere el diseño de un plan, evaluación del progreso y establecer las necesidades de aprendizaje</p> <p>Modela estrategias cognitivas y procesos de autorregulación</p> <p>Propone herramientas de autorregulación y las evaluaciones correspondientes</p>        |
| <p><b>Estratégico</b></p> <p>Orienta en el análisis y en el cómo abordar las tareas o problemas de aprendizaje; proporciona inicialmente estrategias macro según sea necesario o se presentan las aplicaciones</p>                         | <p>Permite respuestas inteligentes para utilizar el sistema; lo que sugiere métodos o procedimientos alternativos</p> <p>Proporciona preguntas iniciales para ser consideradas</p> <p>Proporcionar asesoramiento de expertos</p>                                      |

## Aprendizaje Autorregulado

Otra variable conceptual incluida dentro del presente estudio fue la autorregulación, la cual se enmarca dentro de las corrientes que se centran en los procesos de aprendizaje sobre los procesos de enseñanza; desde esta perspectiva se atribuye al estudiante la capacidad de controlar sus pensamientos y ajustar sus acciones para alcanzar una meta de aprendizaje determinada.

Así Zimmerman y Schunk (1989) (citados por Boekaerst, 1999) definen la autorregulación “en términos de la auto generación de pensamientos, emociones y acciones que son sistemáticamente orientadas hacia la consecución de los objetivos propios de los estudiantes”. En general los estudiantes pueden ser descritos como autorregulados porque son metacognitivamente, motivacionalmente y comportamentalmente activos en sus procesos de aprendizaje (Zimmerman, 1986). Otra característica de la mayoría de las definiciones de autorregulación, es la auto-orientación durante el aprendizaje (Carver & Scheier, 1981; Zimmerman, 1989, 2000; citados por Zimmerman & Schunk, 2007), este concepto se refiere a los procesos en los cuales los estudiantes monitorean con mayor efectividad sus métodos o estrategias de aprendizaje y responden a sus reflexiones de diferentes maneras, desde cambios en su auto-percepción hasta cambios en el comportamiento, por ejemplo pueden reemplazar una estrategia de aprendizaje por otra (Zimmerman & Schunk, 2007). Un tercer aspecto común de todas las definiciones de aprendizaje autorregulado es la descripción de cómo y porque los estudiantes escogen un proceso o estrategia particular de autorregulación.

Según Zimmerman (2007) se pueden distinguir siete grandes teorías sobre autorregulación: operante, fenomenológica, procesamiento de la información, socio-cognitiva, volitiva, vygotskiana y constructivista.

**Tabla 2** Elementos comunes en las teorías del aprendizaje autorregulado (Zimmerman & Schunk, 2007)

| Teorías                                                            | Motivación                                                                                            | Conciencia de autorregulación                                  | Procesos fundamentales                                                     | Entorno social y físico                                                             | Adquisición de la capacidad autorreguladora                      |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Operante<br>Homme (1965)                                           | Estímulos reforzantes                                                                                 | No se reconoce, solo se acepta la reactividad al auto-registro | Auto-monitorización<br>Auto-instrucción<br>Autoevaluación<br>Auto-refuerzo | A través de modelado y refuerzo                                                     | Se desarrolla la conducta y se debilita el estímulo asociado     |
| Fenomenológica<br>Maslow (1943),<br>Marsh y<br>Shavelson<br>(1985) | Necesidad de auto-actualización                                                                       | A través del auto – concepto                                   | Auto-valía y auto-identidad                                                | A través de las percepciones subjetivas del sujeto                                  | Desarrollo de un auto-sistema                                    |
| Procesamiento de la información<br>Johnson-Laird (1988)            | Históricamente no se enfatiza la motivación                                                           | A través de la auto-monitorización cognitiva                   | Almacenaje y transformación de la información                              | Cuando el entorno se transforma en información a procesar                           | Aumenta la capacidad del sistema para procesar información       |
| Socio-cognitiva<br>Bandura (1986,1997)                             | Autoeficacia, metas y expectativas de éxito                                                           | A través de la auto-observación y el auto-registro             | Auto-observación, auto-juicios y auto-reacciones                           | Modelado y fomento de experiencias de dominio                                       | A través de aprendizaje social en cuatro etapas                  |
| Volitiva<br>Kuhl (1984, 1987, 2000)                                | La motivación, basada en expectativas y valores, es un prerrequisito para la aparición de la volición | Cuando se está orientado a la acción en vez del estado         | Estrategias para controlar la cognición, la motivación y las emociones     | Cuando se utilizan estrategias volitivas para controlar los distracciones del medio | Cuando se adquieren estrategias volitivas de control             |
| Vygostkiana<br>Vygotsky (1962, 1978)                               | No es relevante excepto por los efectos del entorno social                                            | Cuando se aprende en la zona de desarrollo próximo             | Habla egocéntrica y privada                                                | Los niños internalizan el habla a partir del diálogo con los adultos                | Aparición del habla privada                                      |
| Constructivista<br>Piaget (1926, 1932, 1952)                       | Resolución del conflicto cognitivo o la curiosidad                                                    | A través de la monitorización metacognitiva                    | Construcción de esquemas, estrategias o teorías personales                 | El aprendizaje se produce por conflicto social o descubrimiento                     | El desarrollo permite al niño adquirir procesos autorreguladores |

Nota: Tomado de (Panadero & Alonso-Tapia, 2014)

De las siete teorías expuestas en la tabla, se hará énfasis en la teoría socio-cognitiva de Bandura (1986,1997) por ser la concepción seleccionada para este estudio. Desde esta concepción el aprendizaje autorregulado se puede analizar como un componente triádico que presenta una causalidad recíproca entre las influencias personales, comportamentales y ambientales. Esta perspectiva asume la importancia de tres elementos: las estrategias de aprendizaje autorregulado de los estudiantes, las percepciones de la habilidad de desempeño

académico y el compromiso de metas académicas. Las estrategias de autorregulación del aprendizaje son las acciones y los procesos dirigidos a adquirir información o las habilidades usadas en una tarea, se incluyen métodos como la organización y gestión de la información (Zimmerman y Martínez-Pons, 1986, citados por Zimmerman, 1989). De otro lado la percepción de la habilidad de desempeño académico, se conoce como autoeficacia, la cual se refiere a las percepciones sobre la propia capacidad para organizar y ejecutar las acciones necesarias para lograr una meta (Bandura 1986, citado por Zimmerman, 1989).

### **Teoría socio-cognitiva de la autorregulación**

La teoría social-cognitiva de Bandura ha guiado múltiples investigaciones acerca de los factores sociales en la autorregulación. Bandura (1986) (Citado por Zimmerman & Schunk, 2007) elaboró aún más su concepción triádica del funcionamiento humano que se centra en las contribuciones separadas pero interdependientes de las influencias personales, conductuales y ambientales. Esta teoría, desarrollada inicialmente para explicar las influencias de modelado sobre el funcionamiento humano, dirige a los investigadores a estudiar las relaciones bidireccionales entre eventos sociales y cognitivos.

La reciprocidad triádica aplicada, argumenta Schunk (2007), puede observarse durante los procesos de aprendizaje de los estudiantes. Éstos cuando emprenden esfuerzos por autorregularse no solo reciben influencias de los procesos personales, tales como la cognición o el afecto; también están fuertemente influenciados por eventos ambientales y de comportamiento de manera recíproca.

Para la teoría social – cognitiva (Bandura 1986,1997) las fuentes principales de motivación para autorregularse son las metas personales, la percepción de autoeficacia y las expectativas de resultado. En primer lugar, se considera que el estudiante autorregula su comportamiento cuando tiene interés por alcanzar unas metas determinadas. El problema es que no siempre estas metas son positivas para el aprendizaje. En segundo lugar, esta teoría subraya la importancia de las expectativas de auto-eficacia y de resultado, expectativas que pueden hacer que el alumno esté más o menos motivado para alcanzar las metas. Si las expectativas del alumno le hacen sentirse capaz de tener éxito es más probable que esté motivado para autorregularse, lo contrario ocurre si piensa que podría fracasar. En resumen, para la teoría social – cognitiva el origen de la motivación para autorregularse en una actividad está en la interacción entre las metas personales, las expectativas de autoeficacia y las expectativas de resultado. (Panadero & Alonso-Tapia, 2014)

De otro lado, esta misma teoría considera crucial la toma de conciencia para la autorregulación, al ofrecer vital importancia dentro del proceso a una fase de las tres que componen el proceso autorregulatorio: la fase de auto-reflexión. En esta fase, que es la última del proceso, el estudiante reflexiona sobre lo realizado y el producto final obtenido comparándolo con el modelo que tiene en mente. De acuerdo con los autores que defienden esta teoría, durante las otras dos primeras fases ocurre la monitorización, tratándose más de un procesos de supervisión que de reflexión en el que el alumno revisa su trabajo de una forma más mecánica. Consideran además que la toma de conciencia incluye unos estados auto-perceptivos: la sensación de auto-eficacia, el auto-juicio y la auto-reacción (Schunk, 2011, citado por Panadero & Alonso-Tapia, 2014) y que se puede utilizar la auto-observación para potenciar la conciencia, sobre todo al emplear autorregistros que ayuden a tomar conciencia de lo realizado. En conclusión, la teoría social – cognitiva considera la toma de conciencia un proceso fundamental para la autorregulación, tanto en lo cognitivo, emocional y conductual (Panadero & Alonso-Tapia, 2014).

Así mismo, esta teoría de acuerdo con Zimmerman (2001, citado por Panadero & Alonso-Tapia, 2014) se centra en tres subprocesos: auto-observaciones, auto-juicios y auto-reacciones. Sin embargo, este modelo ha avanzado mucho en los últimos diez años. Fue el propio Zimmerman quien amplió los procesos fundamentales en las sucesivas versiones de su modelo. La versión actual del modelo contiene procesos cognitivos, emocionales y motivacionales, organizados en torno a tres fases cíclicas de activación autorregulatoria: previsión, ejecución y auto-reflexión. (Panadero & Alonso-Tapia, 2014)

Dentro de la teoría social – cognitiva de la autorregulación es importante también mencionar el entorno, el cual tiene un peso muy importante pues contempla los dos niveles de influencia. Por un lado, el primer nivel se explica por la influencia que tiene el entorno en la autorregulación del estudiante, que los psicólogos socio-cognitivos sitúan en determinados efectos ambientales. Con respecto al segundo nivel, la teoría social – cognitiva considera fundamentales el modelado y el aprendizaje vicario. Por ello, los psicólogos socio-cognitivos consideran que la autorregulación se puede adquirir a partir de modelado y aprendizaje vicario (Panadero & Alonso-Tapia, 2014). Así desde esta teoría, se presenta un modelo de adquisición que consta de cuatro fases: observación, emulación, automatización y autorregulación (Panadero & Alonso-Tapia, 2014). Estas cuatro fases describen momentos en los que el alumno aprende a autorregularse gracias a la motivación, a la creación de modelos mentales en parte por emulación, al ensayo y al esfuerzo de la actuación. Además desde esta

teoría se concibe al alumno como un agente activo de su propio aprendizaje, condición imprescindible para que pueda autorregularse.

### ***Elementos de la teoría social-cognitiva***

Luego de definir la teoría social-cognitiva de la autorregulación es necesario caracterizarla para tener una mejor visión de ésta, se presentan entonces sus elementos constitutivos.

#### ***Reciprocidad triádica***

Desde la propuesta de autorregulación del aprendizaje de Bandura se asume la causalidad entre tres procesos de influencia, se hace entonces, una distinción entre los determinantes personales, ambientales y comportamentales para la autorregulación del aprendizaje. Según los teóricos cognitivos sociales, el aprendizaje autorregulado no está determinado sólo por procesos personales; este tipo de aprendizaje supone ser influenciado también por el medio ambiente y eventos conductuales de manera recíproca (Zimmerman, 1989). En este sentido Bandura (1986, citado por Zimmerman, 1989) advirtió que la reciprocidad no significa simetría en la influencia de estos tres elementos. Las influencias ambientales pueden ser más fuertes que las conductuales o personales en algunos contextos o en determinados puntos. El aprendizaje autorregulado se produce en la medida en que un estudiante puede utilizar procesos personales para regular estratégicamente el comportamiento y el entorno inmediato de aprendizaje (Zimmerman, 1989).

Bandura (1986, citado por Zimmerman, 1989) supone que la fuerza relativa y el patrón temporal de la causalidad mutua entre las influencias personales, ambientales y de comportamiento pueden ser modificadas a través de los esfuerzos personales para autorregularse, los resultados del rendimiento del comportamiento y los cambios en el contexto.

#### ***Autoeficacia***

La autoeficacia se refiere a las creencias personales acerca de las capacidades personales para aprender o realizar las tareas asignadas (Bandura, 1986, citado por Cobb, 2003), este concepto se relaciona con la confianza en sí mismo para aprender o realizar una tarea de aprendizaje.

Los teóricos cognitivos sociales asumen que la autoeficacia es una variable clave que afecta el aprendizaje autorregulado (Bandura, 1986; Rosenthal y Bandura, 1978; Schunk,

1986; Zimmerman, 1986; citados por Zimmerman, 1989). Los estudiantes con alta autoeficacia han mostrado estrategias de aprendizaje de mejor calidad y más auto-monitoreo de sus resultados de aprendizaje; del mismo modo, las investigaciones han establecido que los estudiantes con una alta percepción de autoeficacia obtienen resultados de aprendizaje positivos en aspectos como persistencia en las tareas, elección de tareas, actividades efectivas de estudio y adquisición de habilidades para el logro académico. (Zimmerman, 1989).

### *Subprocesos en la autorregulación*

Los teóricos cognitivos sociales establecen que la autorregulación implica tres clases de procesos parciales: la auto-observación, el auto-juicio y la auto-reacción (Bandura, 1986 citado por Zimmerman, 1989). Estos subprocesos relacionados con el rendimiento son asumidos para interactuar entre sí de manera recíproca y no son mutuamente excluyentes.

La auto-observación es la atención que el estudiante da a su comportamiento mientras se encuentra en la tarea de aprendizaje. (Bandura, 1986, citado por Cobb, 2003). La información obtenida en este proceso determina el progreso hacia el logro de las metas. Este sub-proceso de aprendizaje autorregulado es evidente en el rendimiento y la fase de control voluntario de la autorregulación. Es en este sub-proceso donde el estudiante centra la atención y desarrolla la planificación estratégica. Este componente de los sub-procesos de la autorregulación establece las normas y los objetivos con los que se compara el progreso y sobre los que se harán las observaciones. (Cobb, 2003).

El auto-juicio es la comparación del rendimiento actual con las metas personales. Bandura (1991, citado por Cobb, 2003) proporcionó dos factores importantes en el componente crítico de la autorregulación: la auto-referencia de comparación y la comparación de los demás. La decisión para comparar el progreso personal en relación a las normas sociales o a las normas internas depende de la propiedad de los objetivos. Al comparar el rendimiento personal con los estándares se informa a sí mismo sobre el progreso. De acuerdo con las teorías de autorregulación del aprendizaje, los estudiantes modelan su comportamiento y perciben su capacidad en comparación con sus pares. Después que un estudiante ha realizado juicios sobre su progreso hacia la consecución de objetivos, puede atribuir su éxito o fracaso al uso de estrategias, a la suerte, a su habilidad o a su esfuerzo. (Cobb, 2003).

Finalmente la auto-reacción es la habilidad de auto-reflejar que es considerada la función más singular de los sub-procesos de la autorregulación. Esta forma de pensamiento auto-referente permite que los estudiantes evalúen y modifiquen su pensamiento y su comportamiento (Pajares, 1995, citado por Cobb, 2003). La creencia que el progreso es aceptable, junto con la anticipación de la realización satisfactoria de objetivos, mejora la auto-eficacia y la motivación; por el contrario las evaluaciones negativas no disminuirán si uno mismo no cree que tenga la capacidad de mejorar.

Estos sub-procesos de autorregulación interactúan uno con el otro. A medida que los estudiantes monitorean su progreso lo juzgan contrastándolo con sus metas y reaccionan de manera positiva o negativa. Estos procesos también interactúan con el medio ambiente.

### *Motivación*

Según Bandura (1986, citado por Cobb, 2003) la motivación es un comportamiento objetivo dirigido por las expectativas sobre los resultados esperados de las acciones y las autoeficacia para realizar esas acciones. Influye en el cómo y el por qué las personas aprenden. De acuerdo con las teorías del aprendizaje autorregulado, el logro de las metas es el resultado principal de la valoración del proceso de aprendizaje. La motivación es evidente en la tendencia de los estudiantes para establecer metas de aprendizaje más altas para sí mismos a medida que completan los objetivos anteriores.

### ***Estrategias de Autorregulación del Aprendizaje***

Las estrategias de la autorregulación del aprendizaje se clasifican en dos categorías: estrategias cognitivas y metacognitivas. Las estrategias cognitivas son aquellas que se centran en el procesamiento de la información, tales como el ensayo, elaboración y organización. De otro lado las estrategias metacognitivas son aquellas que abordan los comportamientos que el alumno muestra en el ejercicio de las situaciones de aprendizaje. Algunas de estas estrategias ayudan a los estudiantes a controlar la atención y la ansiedad.

Hay tres procesos generales que conforman las actividades de autorregulación: la planificación, la supervisión y la regulación. La planificación incluye actividades como la fijación de los objetivos y el análisis de la tarea, estas estrategias ayudan a activar los aspectos principales, correspondientes al conocimiento previo que permite comprender más fácil el material. La supervisión incluye el seguimiento de las tareas de aprendizaje y por último la regulación se refiere al ajuste continuo de las actividades cognitivas. (Cobb, 2003)

Bandura (1986, citado por Zimmerman, 1989) atribuye mucha importancia al uso de estrategias de autorregulación. En su opinión las aplicaciones de estrategias proporcionan a los estudiantes conocimientos valiosos de autoeficacia, el cual a su vez determina posteriores elecciones de estrategias y acciones a favor de las tareas de aprendizaje. Algunas de las estrategias de aprendizaje autorregulado más utilizadas por los estudiantes y que inciden de forma positiva en los resultados de aprendizaje son: Autoevaluación, organización y transformación, la cual se relaciona con el reordenamiento por parte de los estudiantes del material de trabajo o las instrucciones recibidas, el establecimiento de objetivos y la planeación, búsqueda de información, mantenimiento de registros y monitoreo, estructuración del ambiente, ensayo y memorización, solicitud de ayuda, revisión de registros entre otros (Zimmerman, 1989).

Luego de establecer las principales características de la teoría social-cognitiva de la autorregulación, se expondrá el modelo de Zimmerman, el cual se tomó como fundamento para el diseño del ambiente computacional trabajado en esta investigación.

### **Modelo Socio-Cognitivo de la Autorregulación**

Este modelo está basado en la teoría social cognitiva de Bandura. De acuerdo con este modelo en la autorregulación del aprendizaje se involucran tres determinantes, y esto se conoce como el determinismo triádico recíproco (Zimmerman, 2000). “Los tres elementos de este concepto son el aspecto personal, la conducta y los eventos del ambiente, estos tres elementos se conciben de manera separada pero interdependiente. El aspecto personal involucra el monitoreo y el ajuste de los estados cognitivos y afectivos del individuo. La conducta consiste en la auto-observación y el ajuste de estrategias de acuerdo a los resultados durante los procesos. Finalmente, los eventos del ambiente en la autorregulación incluyen la observación y ajuste de las condiciones del ambiente o los resultados.” (Puustinen et al., 2001, p.277).

De acuerdo con Zimmerman (2000) (citado Puustinen et al., 2001, p. 277). la autorregulación es cíclica en la naturaleza, él define la autorregulación como “la autogeneración de pensamientos, sentimientos y acciones que son planeadas y adaptadas cíclicamente para la obtención de metas personales” En otras palabras la retroalimentación se obtiene desde el saber y las experiencias previas y es usado para ajustar las metas, las estrategias, etc. y los subsecuentes esfuerzos. Estos ajustes son asumidos para reducir las diferencias entre los aspectos proactivos y reactivos, son necesarios porque los aspectos

personales, las conductas y el ambiente son factores que cambian constantemente durante el aprendizaje.

Las fases cíclicas de la autorregulación incluyen la fase de previsión, la fase de ejecución y la de autorreflexión. La fase de previsión se refiere al proceso que precede y prepara las acciones, en esta fase se distinguen dos procesos: el relativo al análisis de la tarea y el relacionado con las creencias y la automotivación. La fase de ejecución o control de la voluntad incluye dos tipos de procesos llamados autocontrol y auto-observación, el autocontrol ayuda a los estudiantes a concentrarse en la tarea y a optimizar sus esfuerzos, por ejemplo, reducir la tarea en sus componentes esenciales y reorganizarlos en orden de prioridades; el proceso de auto-observación se refiere al seguimiento de los aspectos específicos de la ejecución de la tarea. La última fase, la autorreflexión contiene dos procesos el autojuzgamiento y la autorreacción; el primero se refiere a la auto evaluación de la ejecución de la tarea y las características de los resultados; la autorreacción incluye la autosatisfacción. (Zimmerman, 2000)

Las herramientas de autorregulación en este modelo son asumidas por el contexto y se desarrollan de acuerdo con la teoría social cognitiva a través de cuatro niveles. El primero corresponde al aprendizaje por modelación, este nivel puede ser alcanzado cuando el estudiante puede deducir las principales características de una habilidad o estrategia a través de la observación de un modelo. El siguiente nivel, el de imitación de la autorregulación se define como la simulación ejecutiva de un modelo que puede recibir retroalimentación, este nivel es alcanzado cuando los estudiantes ejecutan enfoques de un modelo más general. El tercer paso llamado autocontrol, corresponde a las aplicaciones de las herramientas demostradas cuando el modelo ya no está presente. Por último el cuarto nivel, la autorregulación, se refiere al uso y adaptación de una habilidad o herramienta en diferentes condiciones. Se asume que los estudiantes que dominan cada nivel de la secuencia tendrán más facilidad de aprender que otros. Sin embargo, poseer las capacidades no significa que automáticamente serán utilizadas, elementos como el aspecto personal, la conducta y los eventos del contexto influyen necesariamente en la decisión final. (Puustinen et al., 2001).

## Otros Modelos de Autorregulación

**Tabla 3** Componentes de los modelos de los autores para las tres fases de la autorregulación

| <b>Procesos de la Autorregulación</b> |                                                                                   |                                                                       |                                                  |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Autor</b>                          | <b>Fase preparatoria</b>                                                          | <b>Fase de Ejecución</b>                                              | <b>Fase de Evaluación</b>                        |
| Boekaerts                             | Identificación, interpretación, valoración primaria y secundaria, ajuste de metas | Objetivo esfuerzo                                                     | Retroalimentación del rendimiento                |
| Borkowski                             | Análisis de la tarea, selección de estrategias                                    | Uso de estrategias, revisión de estrategias, monitoreo de estrategias | Retroalimentación del rendimiento                |
| Pintrich                              | Previsión, Planeación, ejecución                                                  | Monitoreo y control                                                   | Reacción y reflexión,                            |
| Winne y Hadwin                        | Definición de la tarea, Ajuste de metas, Planeación                               | Aplicación de tácticas y estrategias                                  | Adaptación metacognitiva                         |
| Zimmerman                             | Previsión (análisis de la tarea, automotivación)                                  | Ejecución (autocontrol y autoobservación)                             | Autorreflexión (autojuzgamiento y autorreacción) |

Nota: Tomado de (Puustinen & Pulkkinen, 2001, p. 281)

## Solución de Problemas

Finalmente se presenta la última variable conceptual contemplada como fundamento en este estudio. La solución de problemas puede incluir diversos campos de aplicación, es por esto que para efectos de este estudio se tendrá en cuenta esta variable centrada en el área de matemáticas. En este campo específico algunos autores han tratado de establecer una definición, así Anderson y Pingry (1973) (Citados por Phonapichat, Wongwanich, & Sujiva, 2014) sugieren que un problema matemático es una situación o una pregunta que requiere una respuesta de forma cuantitativa o numérica. Con el fin de resolver el problema dado, es necesario encontrar el método adecuado para la situación, método que permita hacer uso del conocimiento y la experiencia. Adam et al. (1977) (Citado por Phonapichat, Wongwanich, & Sujiva, 2014) propone que un problema matemático se trata de la descripción de una situación que requiere una solución cuantitativa o numérica y finalmente Cruikshank y Sheffield (1992) (citado por Phonapichat, Wongwanich, & Sujiva, 2014) sugieren que un problema matemático es una cuestión relacionada con las matemáticas, además es posible que algunos problemas matemáticos incluyan propiedades físicas o razonamiento lógico y puede ser una situación real que requiere un método adecuado y el conocimiento matemático

con el fin de ser resuelto. Sin embargo no todas las situaciones propuestas que requieran respuestas numéricas, pueden ser consideradas problemas, para que los sean, la búsqueda de esta respuesta debe contener algún esfuerzo (Brownell 1942).

Los problemas matemáticos, propiamente dichos están compuestos por tres tipos de información: la información relacionada con los datos, la información relacionada con las operaciones que transforma una o más expresiones en una o más nuevas expresiones y la información relacionada con los objetivos (Wickelgren, 2012). Cuando se emplean diferentes métodos para usar los datos ofrecidos y se tienen en cuenta los objetivos para utilizar operaciones que permitan transformar las expresiones iniciales en expresiones nuevas, se habla de la solución de problemas (Wickelgren, 2012). Resolver problemas es la forma más obvia de la manifestación y la utilidad de las matemáticas intelectualmente y más allá (Caprioara, 2014). Esta actividad ofrece al estudiante la oportunidad de enfrentarse a una dificultad que se puede superar mediante la explotación de la combinación de conocimientos que posee (declarativo, procedimental y condicional) de una manera eficiente. También favorece la transferencia de este conocimiento entre los diferentes campos del saber.

### **Tipos de Conocimientos Involucrados en la Solución de Problemas Matemáticos**

Para poder resolver problemas matemáticos los estudiantes deben usar diferentes tipos de conocimiento según la tarea a la que se vean enfrentados. Algunos autores coinciden en señalar que entre los tipos de conocimiento necesarios para resolver problemas se incluyen el conocimiento declarativo, el conocimiento procedimental y el conocimiento condicional. (Boscan Mieles & Klever Montero, 2012)

En primer lugar el conocimiento declarativo se refiere al saber sobre las cosas o “saber qué”, saber a qué se refieren los términos de una ecuación, saber qué clases de formaciones nubosas pueden distinguirse, saber cuáles fueron los acontecimientos importantes de la vida de Shakespeare. Esos conocimientos de contenidos aumentan gracias a la investigación, no a la experiencia personal. Se trata de un saber público, sometido a reglas de comprobación que lo hacen verificable, replicable y consistente. Los estudiantes pueden acceder a este conocimiento en libros de texto, gracias a lo que los profesores “declaran” en sus clases magistrales. La comprensión que consigan los estudiantes de estos conocimientos puede comprobarse pidiéndoles que lo declaren, con sus propias palabras o que construyan sus propios ejemplos (Biggs, 2006). Los estudiantes pueden poner a funcionar el

conocimiento declarativo al resolver problemas, diseñar proyectos o al planear la manera de resolver diferentes tareas de aprendizaje.

De otro lado el conocimiento procedimental está basado en destrezas y carece de fundamentos declarativos de nivel superior; se trata de seguir secuencias y acciones, es saber qué hacer cuando se presenta una determinada situación (Biggs, 2006). Y finalmente el conocimiento condicional incluye el conocimiento declarativo y procedimental, de manera que el estudiante sepa cuándo, por qué y en qué condiciones debe actuar de una u otra manera. La combinación transforma el conocimiento procedimental en funcional, que es flexible y de gran alcance pues se basa en la idea de actuaciones y toma de decisiones de aprendizaje fundamentadas en la comprensión. En resumen el conocimiento funcional implica el conocimiento declarativo (la base de conocimientos académicos), el conocimiento procedimental (la posesión de la destreza) y el conocimiento condicional (saber las circunstancias en las que utilizarlo) (Biggs, 2006).

Ahora bien, para que los estudiantes puedan llegar a un conocimiento funcional en la solución de problemas, se ven implicadas una variedad de habilidades como la recuperación de la información previamente aprendida y la aplicación de esta información en situaciones nuevas; sin embargo los estudiantes no llegan a este tipo de conocimiento por sí mismos, las investigaciones al respecto han demostrado que es necesario ofrecer rutas claras, que permitan en un primer momento la solución de problemas por modelamiento para que paulatinamente los estudiantes recorran el camino hacia la autonomía. Otro aporte de las investigaciones sobre la solución de problemas matemáticos ha sido el establecer cuáles son las mayores dificultades de los estudiantes al enfrentarse a una tarea que implica la solución de este tipo de problemas; así estas dificultades pueden ser clasificadas en: 1. Los estudiantes no comprenden todo o algunas partes del problema debido a la falta de imaginación y a la falta de experiencia necesaria para considerar el problema. 2. Los estudiantes tienen dificultades en la lectura y la comprensión, son incapaces de comprender la información importante que se encuentra en el problema y organizarla. 3. Los estudiantes carecen de interés en la solución de problemas matemáticos debido a la longitud y la complejidad de los problemas. 4. Los maestros no hacen presente la vida cotidiana en la solución de los problemas y 5. Los maestros son propensos a hacer que los estudiantes memoricen “palabras clave” (Phonapichat, et al., 2014).

Al reconocer estas dificultades y con el ánimo de poderlas superar los investigadores y los educadores han encontrados diferentes procesos para la solución de problemas matemáticos, que aunque no son nuevos, si contribuyen con el desarrollo de habilidades en los estudiantes para lograr conocimiento de tipo funcional.

**Tabla 4** *Procesos para la solución de problemas matemáticos*

| Polya (1973)             | Leblance (1977)                                | Krulik&Rays (1980)       | IPTS (2011)                         |
|--------------------------|------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| Comprensión del problema | Comprensión del problema                       | Comprensión del problema | Comprensión del problema y análisis |
| Diseño de un plan        | Elección de una forma de encontrar el problema | Elaboración de un plan   | Elaboración de un plan              |
| Ejecución del plan       | Solución del problema                          | Ejecución del plan       | Ejecución del plan                  |
| Revisión                 | Revisión                                       | Evaluación               | Evaluación                          |

Nota: Tomado de (Phonapichat et al., 2014)

De los procesos presentados en la tabla 4 el más conocido y usado para la solución de problemas es el proceso de cuatro pasos propuesto por Polya (1973) quien afirmó en 1980 que “resolver un problema es encontrar un camino allí donde no se conocía previamente camino alguno, encontrar la forma de sortear un obstáculo, conseguir el fin deseado, que no es conseguible de forma inmediata, al utilizar los medios adecuados” así que en su libro “cómo plantear y resolver problemas” introduce el término "heurística" para describir su estrategia para lograr la solución de problemas. En ésta estrategia Polya le da un papel muy importante a las preguntas, entendidas como la forma más concreta y asequible para expresar y resolver las dudas, en este sentido las preguntas no solo le permiten al estudiante alcanzar sus objetivos, sino que también le permiten al maestro orientar el proceso de aprendizaje. Las preguntas, en esta estrategia son planteadas a los estudiantes en el marco de cuatro principios:

1. Comprender el problema, esta es la fase del cuestionamiento y de la identificación de datos e incógnitas, según Polya (1973) en esta fase es necesario apropiarse del problema, lo que permitirá reformularlo de manera diferente sin cambiar la idea principal del problema; en este primer paso surgen preguntas como ¿Entiende todo lo que dice? ¿Puede replantear el problema con sus propias palabras? ¿Distingue cuáles son los datos? ¿Sabe a qué quiere llegar? ¿Hay suficiente información? ¿Es este problema similar a algún otro que haya resuelto antes? (Llera, 2000)
2. Elaborar un plan, en esta fase es necesario que el docente guíe al estudiante para el diseño de un plan, para lo cual se pueden formular preguntas como ¿Antes ha visto un problema como este? ¿Conoce algún problema relacionado? ¿Algún teorema puede servir? (Llera, 2000), cuando está listo el plan, puede pasar al tercer paso que es
3. Llevar a cabo el plan, en esta fase es importante contar con un tiempo razonable para resolver el problema; y por último
4. Revisar el plan, donde se tiene que reconsiderar la

solución así como el procedimiento que hizo posible llegar a la solución, esta reconsideración se puede hacer con preguntas como ¿La solución es correcta? ¿Se usó la información importante? ¿Se tuvo alguna dificultad? ¿Qué aspectos de este problema se podrían usar en otros problemas? (Llera, 2000).

El proceso de Polya (1973) es una guía general de cómo proceder en la solución de problemas. En varios casos, los pasos del proceso se superponen. Unido a este proceso Brown (1977, citado por Blummer, 2014) reconoció los beneficios de las habilidades metacognitivas para la solución de problemas, ella identificó habilidades como “la predicción, el control, el monitoreo, la evaluación y el control de los intentos”. En este mismo sentido Flavell (1976) vinculó la metacognición como facilitador para la solución de problemas. De acuerdo con este autor, la solución de problemas requiere habilidades metacognitivas que él identificó como “monitoreo, regulación y estructuración de estos procesos en relación con los esfuerzos cognitivos para lograr un objetivo”.

Además de los métodos investigados por diferentes autores para mejorar los procesos en la solución de problemas, los andamiajes como herramientas para mejorar estos procesos en los estudiantes también tienen cabida. Con la creciente demanda de ambientes de aprendizaje basados en el computador, la solución de problemas en el aula se ha convertido en uno de los objetivos de la educación y en este nuevo objetivo principal los andamiajes han recobrado gran importancia. Las investigaciones han demostrado que los andamiajes en ambientes computacionales para la solución de problemas permiten que los estudiantes reciban en el momento necesario la guía necesaria y así de manera autónoma puedan mejorar su desempeño (Hannafin & Kim, 2011).

Wood et al. (1976) coinciden en establecer que al ofrecer andamiajes a los estudiantes éstos lograrán adquirir cada vez más independencia en la ejecución de las tareas, y para que este objetivo se consolide en tareas que se relacionan con la solución de problemas Hannafin y Kim (2011) proponen que en los ambientes tecnológicos los problemas sean presentados en cinco fases a los estudiantes y en cada una de ellas se provean los andamiajes necesarios:

**Tabla 5** Fases para la solución de problemas y sus andamiajes

| Fases para la Solución de problemas                                           | Características de la Fase                                                                                                                                                            | Ejemplos de Andamiaje                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Intencionalidad</li> <li>Adecuación de las tareas</li> <li>Establecimiento de un objetivo común</li> <li>Definición de la situación</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Proporcionar situaciones y contextos</li> <li>Proporcionar descripciones y visualizaciones</li> </ul>                                                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Exploración</li> </ul>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Estructurar</li> <li>Cuestionar y problematizar</li> <li>Mantenimiento de los objetivos de aprendizaje</li> </ul>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Hacerse cargo de las tareas de orden inferior</li> <li>Proporcionar los recursos adecuados</li> <li>Ayudar a los estudiantes a diagnosticar sus preconceptos</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Reconstrucción</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Internalización</li> <li>Generalización de otros contextos</li> </ul>                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Proporcionar ayuda para organizar los procesos de aprendizaje y los recursos</li> </ul>                                                                                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Presentación y Comunicación</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Colaboración y discusión</li> <li>Retroalimentación</li> <li>Control del riesgo</li> <li>Mediación semiótica</li> </ul>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Proveer diferentes perspectivas</li> <li>Proveer diferentes herramientas</li> </ul>                                                                                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Reflexión y Negociación</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Diagnóstico activo</li> <li>Participación en la evaluación continua</li> </ul>                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Promover la formación permanente</li> <li>Ofrecer ayuda metacognitiva</li> </ul>                                                                                        |

Nota: Tomado de(Hannafin & Kim, 2011, p.409)

## Herramientas Metacognitivas y la Solución de Problemas

Como ya se ha descrito anteriormente, si no se logra desarrollar y fortalecer en los estudiantes su conocimiento metacognitivo y el uso de experiencias metacognitivas para la ejecución de diferentes tareas de aprendizaje, el aprendizaje será momentáneo. Para la solución de problemas, en particular, se plantean herramientas metacognitivas que favorecen el desempeño de los estudiantes en este tipo de tareas. Brown (1977, Citado por Blummer, 2014) reconoció los beneficios de las herramientas metacognitivas para la solución de problemas. Ella identificó dentro de estas herramientas: la predicción, el chequeo, el monitoreo y el control de intentos para aprender a solucionar los problemas. Por otra parte, esta autora trabajó en el reconocimiento de la importancia de la autoconciencia en la eficiencia para la solución de problemas al incluir: conocimiento de las limitaciones, rutinas,

identificación y caracterización de los problemas, planeación y programación de las estrategias para solucionar el problema, monitoreo de la efectividad de las rutinas y hacer una evaluación de las operaciones.

Algunos autores han podido demostrar el rol de la metacognición en la solución de problemas al afirmar que el uso de este tipo de herramientas permite a los estudiantes mejorar la comprensión, plantear mayores opciones de solución y evaluar la solución planteada (Swanson, 1990; Annevirta y Vauras, 2006). Las investigaciones de los componentes de la metacognición (conocimiento metacognitivo y experiencias metacognitivas) impactan de manera individual y diferenciada la solución de problemas (Blummer, 2014). Por un lado Flavell (1979) (Citado por Blummer, 2014) describió las experiencias metacognitivas como “la conciencia cognitiva o la experiencia afectiva que acompaña cualquier tarea intelectual”. De acuerdo con esta definición Efklides (2001) afirmó que las experiencias metacognitivas caracterizan el monitoreo de las tareas y también reflejan objetivos individuales en el desarrollo de la tarea. Esta misma autora identificó diferentes categorías de experiencias metacognitivas, entre las cuales se pueden incluir: sentimiento de familiaridad, sentimiento de confianza, sentimiento de dificultad, sentimiento de satisfacción, estimación de la solución propuesta y estimación del esfuerzo. De otro lado el conocimiento metacognitivo en la solución de problemas se centra en el control individual de la cognición (Blummer, 2014), De acuerdo con Flavell (1979) el conocimiento metacognitivo se centra en la combinación de dos o tres de las siguientes variables: persona, tarea y estrategia. Del mismo modo, el conocimiento metacognitivo promueve la resolución de problemas mediante el fomento de la planificación, la regulación y la supervisión del proceso. Stenberg (1985) denomina a estos esfuerzos metacognitivos como metacomponentes del pensamiento crítico, y considera que estos elementos guían la solución de problemas, lo que facilita el reconocimiento, definición y solución del problema.

## **Descripción del Desarrollo Tecnológico**

Para el diseño y el desarrollo del ambiente de aprendizaje basado en el computador se eligió el modelo de aprendizaje socio-cognitivo de la autorregulación de Zimmerman (2000) el cual se relacionó con la propuesta de Polya (1973) para la solución de problemas matemáticos y de Hannafin y Kim (2011) para la presentación de los andamiajes metacognitivos para la solución de problemas matemáticos. El ambiente de aprendizaje contiene el dominio de conocimiento sobre la solución de problemas matemáticos. En su estructura se implementaron andamiajes metacognitivos, los cuales facilitan a los estudiantes el desempeño en las tareas, estos andamiajes están concebidos desde los elementos de la propuesta de Polya (1973): comprender el problema, diseñar un plan para su solución, ejecutar el plan y evaluar la solución. El ambiente de aprendizaje fue diseñado en la plataforma LMS Moodle, el acceso al ambiente requiere previa inscripción de los participantes por parte de los docentes o investigadores. Cada participante cuenta con un registro individual de usuario y contraseña lo que permite identificar al usuario dentro del sistema y de esta manera obtener los datos de interacción de cada participante de manera personal, lo que facilita la labor del investigador en la recolección de la información necesaria para dar respuesta a las preguntas de investigación.

El modelo del ambiente se fundamenta en los principios constructivistas para el diseño de software educativo y respeta aspectos establecidos por Monereo (1995) (citado por Gros, 1997): 1. La necesidad de no fragmentar o descomponer el conjunto de procesos que componen el aprendizaje, 2. La enseñanza debe partir de actividades reales que permitan su posterior transferencia, 3. La enseñanza debe favorecer la búsqueda activa y continua del significado por parte de los estudiantes, 4. El error es considerado como una posibilidad de autovaloración de los procesos y permite al mismo tiempo la reflexión del estudiante para mejorar sus resultados.

El ambiente de aprendizaje está constituido en un primer momento por el docente/investigador, quien cumple un rol de tutor durante el proceso de aprendizaje y se constituye en uno de los recursos con los que cuentan los estudiantes para el desarrollo de sus tareas dentro del ambiente. Por la edad en la que se encuentran los estudiantes el rol del docente no se centra exclusivamente en el apoyo para la comprensión temática de los estudiantes, además de esto el docente/investigador debe prestar todo el apoyo necesario que

el estudiante requiera sobre el ambiente y su funcionamiento y de esta manera reducir la carga cognitiva, lo que le permitirá al estudiante centrar su atención y esfuerzos en la solución de los problemas matemáticos, más allá de las dificultades a las que se pueda enfrentar con el sistema y/o el ambiente. De otro lado, el estudiante se concibe como un sujeto activo dentro del proceso de aprendizaje, las fases del proceso de autorregulación, incluidas dentro de los elementos del ambiente de aprendizaje se lo permiten, en tanto él mismo es responsable de establecer sus metas de aprendizaje, planear sus acciones, realizar seguimiento de estas y finalmente evaluar sus resultados. Finalmente el ambiente computacional ofrece a los estudiantes por un lado cuatro tipos de ayudas (andamiajes metacognitivos) los cuales se encuentran relacionados con las fases propuestas por Polya (1973) para la solución de problemas matemáticos: Comprensión del problema, diseño del plan, ejecución del plan y revisión, y por otro lado ofrece espacios en los cuales los estudiantes pueden planear y monitorear su aprendizaje y desempeño a través de herramientas de comunicación escrita. Durante el proceso de solución de cada uno de los problemas propuestos a los estudiantes, cada vez que hacen uso de una de las ayudas ofrecidas por el sistema, éste les muestra en un “checklist” de su paso por esa ayuda, lo que les permite realizar un monitoreo continuo de cada una de las acciones que lleva a cabo durante su tarea de aprendizaje. Así mismo cuando finalizan su trabajo e ingresan en el sistema la solución del problema, el sistema les permite revisar su resultado y el de los demás participantes lo que facilita llevar a cabo el proceso de evaluación de manera colaborativa pues tienen la posibilidad de argumentar su respuesta e identificar posibles errores.

El ambiente de aprendizaje computacional se compone de tres elementos principales. Primero, el ambiente les ofrece a los estudiantes una serie de metas personales de las cuales ellos eligen una según su percepción de auto-eficacia, conocimientos previos y el valor que le asignen a la tarea de aprendizaje. Durante las actividades siguientes el sistema alienta a los estudiantes para revisar sus metas de aprendizaje y de esta manera planear sus acciones enfocadas a alcanzar dicha meta. Segundo, el ambiente presenta a los estudiantes el trabajo que debe ser desarrollado durante la sesión de trabajo, la presentación de las situaciones problema se realiza en cada unidad en formato de vídeo, pues algunos autores argumentan luego de sus investigaciones que este formato es más motivador para los alumnos y además, los problemas que se presentan pueden ser más complejos y estar más interconectados que si se utiliza un soporte escrito, ya que es más fácil la construcción de modelos mentales a través de imágenes dinámicas que a través de textos (Bransford et al., 1991 y 1995; Savery y Duffy,

1995, citados por Gros, 1997). Luego de la presentación del problema, los estudiantes pueden acceder a los andamiajes metacognitivos que ayudan a su solución. Estos andamiajes se diseñaron de acuerdo con las fases propuestas por Polya (1973) para la solución de problemas matemáticos, así se diseñaron cuatro andamiajes, cada uno de los cuales guía a los estudiantes en la solución del problema a través de preguntas y respuestas. Un tercer componente del ambiente se enfoca en el acompañamiento que ofrece el docente/investigador sobre el uso de las herramientas del sistema o sobre el dominio del conocimiento, siempre y cuando esta ayuda sea solicitada por los estudiantes.

Se procede a continuación a describir las etapas que sigue el estudiante durante la solución del problema en el ambiente de aprendizaje

*Etapas 1. Análisis de la tarea de aprendizaje:* Esta etapa corresponde al primer componente de la fase de previsión del modelo de autorregulación de Zimmerman (2000), es decir el análisis de la tarea de aprendizaje. El ambiente de aprendizaje inicia con la presentación general de las unidades de trabajo, en esta etapa se establecen los pasos que deben seguir los estudiantes, los materiales con los que el estudiante podrá contar y las diferentes ayudas que trae el ambiente. Del mismo modo explica la manera en la cual se realizarán los aprendizajes al finalizar cada una de las sesiones de trabajo.



**Ilustración 1** Ambiente de Aprendizaje – Fase de Previsión (análisis de la tarea)

*Etapas 2. Fijación de metas personales:* Durante esta etapa, se tienen en cuenta los elementos establecidos por Zimmerman (2000) dentro del proceso de automotivación, para la fase inicial del proceso de autorregulación del aprendizaje (fase de previsión). Al iniciar cada sesión de trabajo los estudiantes toman decisiones para fijar su meta personal para cada una de las sesiones de trabajo. El ambiente de

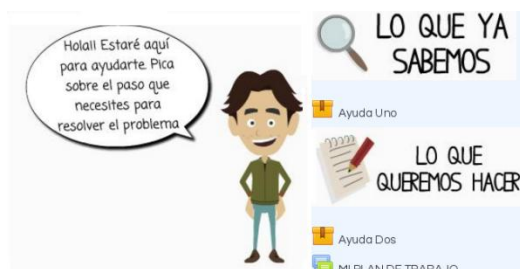
aprendizaje ofrece diferentes posibilidades para la elección de la meta de aprendizaje, estas opciones se encuentran directamente relacionadas con las siguientes características: 1. Percepción de auto-eficacia 2. Valor que los estudiantes asignan a la tarea y 3. Experiencia que adquieren a medida que avanzan las sesiones de trabajo en el ambiente. La meta de aprendizaje seleccionada por el estudiante es almacenada por el ambiente y durante las actividades siguientes a esta, los estudiantes son alentados a revisar su meta personales para facilitar el monitoreo y control de sus procesos de aprendizaje.



**Ilustración 2** Ambiente de Aprendizaje – Fase de Previsión (automotivación)

*Etapas 3. Presentación de la situación de aprendizaje y diseño del plan de trabajo:* Esta tercera etapa se concibe desde los postulados del proceso de autorregulación propuesto por Zimmerman (2000) para la fase de ejecución. En ésta se presenta a los estudiantes la situación problema que deben resolver en la sesión de trabajo, durante ésta etapa, además, el estudiante puede interactuar con los dos primeros andamiajes metacognitivos que ofrece el ambiente. Andamiaje Uno: Comprender el problema: *¿Puedo escribir el problema con mis propias palabras?, ¿Qué información tengo?, De la información que tengo ¿Qué información debo usar?, ¿Qué debo averiguar?, ¿Puedo hacer un dibujo sobre el problema?*

Andamiaje Dos: Diseñar un plan: *¿Para qué debo usar la información que tengo?, ¿Qué debo hacer con los datos que tengo?, ¿Debo hacer una operación matemática o solo debo dar una respuesta lógica?, ¿Qué clase de operación debo hacer?*



**Ilustración 3** Ambiente de Aprendizaje – Andamiajes Uno y Dos

Al finalizar la interacción con estos dos andamiajes el estudiante cuenta con un espacio en el cual puede escribir su plan de trabajo, en este espacio el sistema invita al estudiante a revisar su meta personal, replantearla si es necesario y tenerla presente al momento de establecer su plan de trabajo, de esta manera se ofrecen espacios de monitoreo y reflexión sobre el trabajo en cada una de sus etapas. Al realizar estas actividades, en términos de Zimmerman (2000) los estudiantes se encuentran inmersos en el proceso de autocontrol



**Ilustración 4** Ambiente de Aprendizaje – Fase de Ejecución (auto-control)

*Etapas 4. Implementación de estrategias:* En esta fase los estudiantes tienen acceso a las dos siguientes ayudas que tiene incorporado el ambiente de aprendizaje, es en esta etapa del trabajo en la cual los estudiantes ejecutan su plan de trabajo y además realizan el proceso de revisión del mismo. En este sentido, se incorporó al sistema el proceso de auto-observación del modelo de autorregulación de Zimmerman (2000) para su fase de ejecución. Así los estudiantes pueden acceder a los andamiajes tres y cuatro. Andamiaje Tres: Resolver el problema. Andamiaje Cuatro: Evaluar el

trabajo ¿La respuesta que encontré es una respuesta lógica?, ¿La respuesta se ajustó a los datos del problema?, ¿Hay más de una respuesta?



**Ilustración 5** Ambiente de Aprendizaje – Andamiajes Tres y Cuatro

*Etapas 5. Evaluación Final:* Esta etapa atiende a la fase de autorregulación propuesta por Zimmerman (2000) llamada fase de auto-reflexión, en la que los estudiantes realizan un proceso de auto-juzgamiento y uno de auto-reacción. Así los estudiantes en esta etapa cuentan con dos espacios para realizar la evaluación de su trabajo, en el primer espacio el estudiante debe entregar al sistema la solución que encontró para la situación problémica planteada; en este espacio puede comparar su respuesta con la de los demás participantes, esto permite la comunicación entre los estudiantes y así de manera colaborativa realizar los ajustes necesarios a su respuesta. Por otro lado, existe un espacio en el que los estudiantes, revisan nuevamente su meta personal y reflexionan sobre el cumplimiento de su meta, se les orienta además a prestar especial atención a las estrategias y herramientas que usaron para alcanzarla, esta reflexión es almacenada por el sistema para su posterior análisis.



**Ilustración 6** Ambiente de Aprendizaje – Fase de Auto-reflexión

Las primeras cuatro sesiones de trabajo se hace necesario que el docente guíe el trabajo de los estudiantes por el ambiente, para que se familiaricen con él, pero además para que aprendan a usar los andamiajes y comprendan cuál es su función, las últimas cuatro sesiones el trabajo son más independiente, aunque el maestro permanece presente para ayudar a los estudiantes cuando estos lo requieran.

El ambiente de aprendizaje está compuesto por diez unidades de trabajo, la primera unidad presenta una evaluación inicial y la presentación general del ambiente, y la última unidad presenta una evaluación final, los estudiantes pueden acceder a los resultados de sus dos evaluaciones y el comparativo entre estas, de esta manera el ambiente les permite establecer si obtuvieron mejores resultados luego de desarrollar el trabajo en la plataforma.

Finalmente el ambiente de aprendizaje también atiende a las necesidades investigativas, es por esto que se usaron herramientas que permiten tener un registro de los andamiajes usados por cada usuario y las veces que los uso para la solución del problema, se usaron además actividades que permiten que la plataforma guarde los planes de trabajo de los estudiantes en cada sesión y sus autoevaluaciones, esto permite al docente/investigador hacer un seguimiento al proceso individual de los estudiantes que trabajan en este ambiente computacional.

## **Metodología**

### **Diseño de la Investigación**

Para cumplir los objetivos de la investigación y responder a las preguntas que guiaron el desarrollo de este estudio se diseñó un ambiente computacional el cual tuvo dos variantes, una fue el uso de andamiajes metacognitivos en el ambiente y la otra la ausencia de estos andamiajes.

La investigación se desarrolló bajo un diseño cuasi-experimental con un grupo control y un grupo experimental con pre-test y pos-test, cada uno de los cuales fue expuesto a una de las dos condiciones del ambiente computacional. El total de los participantes fue asignados de manera aleatoria a una de las dos condiciones; grupo control: sin andamiajes metacognitivos, grupo experimental: con andamiajes metacognitivos. Antes de iniciar el trabajo con el ambiente todos los estudiantes participaron en una sesión de introducción en la cual se trabajó con ellos las habilidades básicas para el trabajo en el ambiente de aprendizaje y además se les aplicó el pre-test.

Cada uno de los grupos, trabajo dos sesiones semanales de 60 minutos, para un total de 10 sesiones de trabajo cada grupo, las cuales incluyeron la sesión introductoria y la sesión final en la que se aplicó el pos-test a cada uno de los grupos. En cada una de las sesiones de trabajo los participantes desarrollaron una tarea de aprendizaje relacionada con la solución de problemas matemáticos, estas tareas fueron desarrolladas de manera individual, para el grupo experimental con ayuda de andamiajes metacognitivos. Cada estudiante contaba con una sesión individual dentro del ambiente de aprendizaje que permitió recolectar los datos del desempeño dentro del curso de cada uno de ellos. Al terminar cada sesión de trabajo los estudiantes presentaron una evaluación de aprendizaje, las cuales fueron promediadas para establecer el logro de aprendizaje de los estudiantes en cada una de las condiciones y poder establecer las diferencias entre los dos grupos.

Los datos obtenidos fueron analizados con la pruebas paramétricas t-student para muestras independientes y correlaciones de Pearson, y los resultados luego de aplicar esta prueba serán objeto de análisis y contrastación teórica en las secciones de resultados y discusión de este mismo documento.

## Variables

**Tabla 6** Variables del estudio

| Variable Independientes | Valores                                                                                                                 |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ambiente de aprendizaje | <ul style="list-style-type: none"><li>• Con andamiajes metacognitivos</li><li>• Sin andamiajes metacognitivos</li></ul> |

| Variable Dependiente | Valores                                           |
|----------------------|---------------------------------------------------|
| Logro de aprendizaje | Desempeño en la solución de problemas matemáticos |

## Población y Muestra

Los participantes en este estudio fueron 42 estudiantes (22 mujeres, 20 hombres) con una edad promedio de 8,19 años. El total de los participantes pertenecen al mismo grupo en la institución a la que pertenecen y durante sus primeros años de escolaridad han presentado un desempeño, según la escala de valoración establecida por el Ministerio de educación Nacional, de nivel alto, su último promedio de las notas en el área de matemáticas es de 4,05 sobre 5.0. Los 42 participantes pertenecen a grado tercero de primaria de una institución oficial de la ciudad de Bogotá

## Instrumentos de Recolección de la Información

Para la comprobación de las hipótesis y dar respuesta a la pregunta de investigación se usaron instrumentos que permitieron la recolección de la información para su posterior análisis, a saber:

**Tabla 7** Instrumentos para la recolección de la información

| Instrumento                                  | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pre-test y pos-test                          | Antes de iniciar el experimento, se realizó a los estudiantes una prueba para establecer el nivel de desempeño con el que iniciaron los estudiantes para la solución de problemas, al finalizar el experimento se aplicó la misma prueba y de esta manera se contrastaron los resultados. |
| Pruebas de conocimiento                      | Al finalizar cada una de las sesiones de trabajo se realizó a los estudiantes una prueba de conocimientos para establecer el aprendizaje logrado. Al terminar las 8 sesiones de trabajo, el promedio de las evaluaciones ayudó a establecer el logro de aprendizaje                       |
| Registros del uso del ambiente computacional | Se registraron el momento y la frecuencia del uso de los andamiajes por parte de los estudiantes, lo que permitió asignar la influencia de los andamiajes en el desarrollo de habilidades para la solución de problemas.                                                                  |

## Hipótesis

**H<sub>1</sub>:** Los estudiantes que interactúan con andamiajes metacognitivos dispuestos en un ambiente de aprendizaje basado en el computador con enfoque autorregulado, obtienen más altos desempeños en la solución de problemas matemáticos que el grupo que no recibe el apoyo de los andamiajes metacognitivos

**H<sub>2</sub>:** El uso de andamiajes metacognitivos en un ambiente computacional bajo la perspectiva de la autorregulación del aprendizaje, favorece procesos cognitivos y metacognitivos para solucionar problemas matemáticos en estudiantes de grado tercero de básica primaria.

## Resultados

Los resultados de la investigación se presentarán a continuación al establecer relaciones entre los datos recolectados durante el estudio en el ambiente de aprendizaje. Luego de recolectar y depurar los datos, estos fueron sometidos a varios análisis paramétricos en el software “SPSS Statistics 21”.

Los resultados serán expuestos como respuestas de manera individual a cada una de las preguntas de investigación

**¿Existe una diferencia significativa en el desempeño para solucionar problemas matemáticos, entre dos grupos de estudiantes: uno que usa andamiajes metacognitivos y otro que no hace uso de tales herramientas?**

Para responder la primera pregunta, se tuvieron en cuenta los resultados del pre-test y el pos-test para el grupo experimental y el grupo control. Así como el resultado individual de cada uno de los participantes al finalizar cada una de las sesiones de trabajo. Con los estos datos se aplicó la prueba T-student para muestras independientes y se obtuvieron los siguientes resultados.

**Pre-test para grupo control y grupo experimental**

**Tabla 8** Estadísticos del pre-test grupo control

| Estadísticos |        | Frecuencia |    |
|--------------|--------|------------|----|
| Válidos      | 21     | ,00        | 4  |
| Perdidos     | 0      | 1,00       | 5  |
| Media        | 1,5714 | 2,00       | 8  |
| Mediana      | 2,0000 | 3,00       | 4  |
| Moda         | 2,00   | Total      | 21 |

Como se puede observar en la tabla la media obtenida por los estudiantes del grupo control para el pre-test fue de 1.5, sus respuestas se encuentran distribuidas entre 0.0 y 3.0., el puntaje máximo posible en esta prueba era de 5.0 y como se puede observar ninguno de los estudiantes obtuvo este puntaje. Y dentro de las medidas de tendencia central el punto medio de la distribución de los resultados se encuentra en 2.0. Para el grupo control el 80 % de los participantes de encontraron ubicados en puntuaciones entre la media general y puntuaciones menores a la media, y el 19% restante obtuvieron puntuaciones mayores a la media.

**Tabla 9** Estadísticos del pre-test grupo experimental

| Estadísticos |        | Frecuencia |    |
|--------------|--------|------------|----|
| Válidos      | 21     | ,00        | 3  |
| Perdidos     | 0      | 1,00       | 13 |
| Media        | 1,2857 | 2,00       | 3  |
| Mediana      | 1,0000 | 3,00       | 1  |
| Moda         | 1,00   | 5,00       | 1  |
|              |        | Total      | 21 |

Como se puede observar en la tabla la media obtenida por los estudiantes del grupo experimental para el pre-test fue de 1.2 menor que la media para el grupo control, sin embargo el grupo experimental tuvo una mayor distribución en el puntaje de las respuestas distribuidas entre 0.0 y 5.0, dentro de las medidas de tendencia central el punto medio de la

distribución de las puntuaciones se encuentra en 1.0. Para el caso del grupo experimental la distribución en porcentajes para estudiantes que estuvieron por encima y debajo de la media fue el 90% para estudiantes que obtuvieron un puntaje entre la media general y puntuaciones menores a esta y 9.52% de estudiantes que lograron puntaje mayores a los de la media general del grupo.

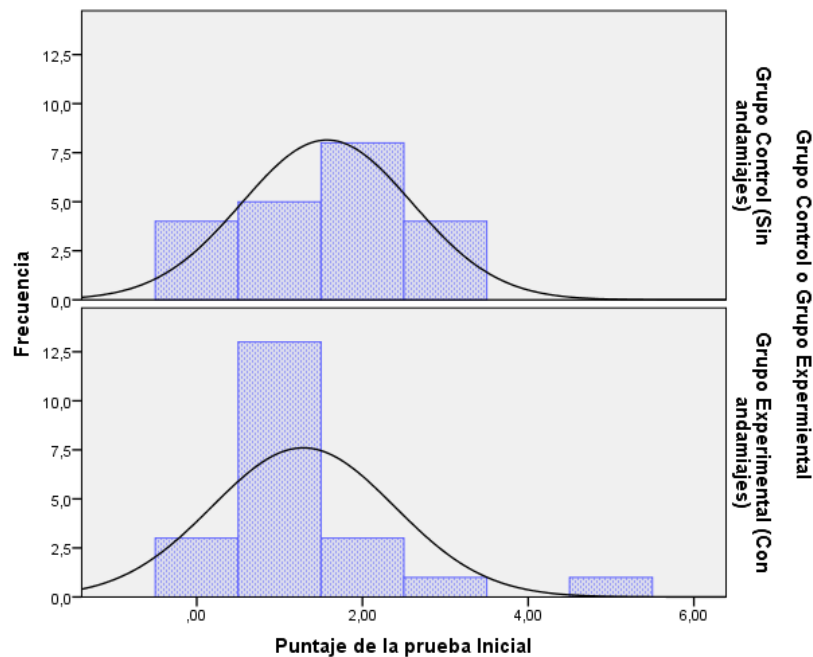


**Ilustración 7** Medias de los resultados del pre-test para el grupo control y el grupo experimental

Luego de obtener la media para los dos grupos es necesario establecer si estas medias presentan una media estadísticamente significativa o no, esto con el fin de establecer si los dos grupos, control y experimental, inician con las mismas condiciones de desempeño. Así se aplicó la prueba T-student, y se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 10** Prueba T-student para pre-test del grupo control y experimental

|                              |                                     | T    | Gl     | Sig. (bilateral) |
|------------------------------|-------------------------------------|------|--------|------------------|
| Puntaje de la prueba Inicial | Se han asumido varianzas iguales    | ,869 | 40     | ,390             |
|                              | No se han asumido varianzas iguales | ,869 | 39,809 | ,390             |
|                              |                                     |      |        |                  |



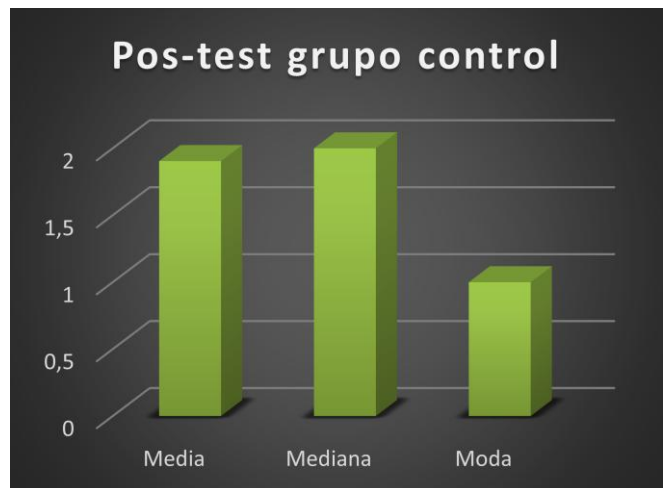
**Ilustración 8** Comparación entre las medias para pre-test entre grupo control y grupo experimental

Al observar la significancia para las medias de los grupos ( $,390$ ) se puede establecer que al aplicar el pre-test no existe una diferencia significativa entre los dos grupos, lo que significa que al iniciar el experimento ambos grupos se encuentran en condiciones similares de desempeño para la solución de problemas matemáticos

### Pos-test para grupo control y grupo experimental

**Tabla 11** Estadísticos del pos-test grupo control

| Estadísticos |                   | Frecuencia |    |
|--------------|-------------------|------------|----|
| Válidos      | 21                | ,00        | 4  |
| Perdidos     | 21                | 1,00       | 5  |
| Media        | 1,9048            | 2,00       | 5  |
| Mediana      | 2,0000            | 3,00       | 4  |
| Moda         | 1,00 <sup>a</sup> | 4,00       | 2  |
|              |                   | 5,00       | 1  |
|              |                   | Total      | 21 |



**Ilustración 9** Media del pos-test para el grupo control

Luego de finalizar el trabajo con los estudiantes en el ambiente de aprendizaje se aplicó una prueba final, pos-test. En este caso la media obtenida por el grupo control fue de 1.9, y las respuestas ampliaron su rango de distribución, en el pos-test a diferencia del pre-test 2 estudiantes obtuvieron puntaje de 4.0 y 1 estudiante obtuvo puntaje de 5.0., es decir que para el pos-test los estudiantes del grupo control alcanzaron en un pequeño porcentaje

alcanzar el nivel máximo de puntuación posible para la prueba de conocimientos. Sin embargo, también se puede observar que el punto medio de la distribución de los resultados para el pos-test resultó igual que en el pre-test, es decir la mediana se encuentra en 2.0

Luego tener estos dos resultados, se aplicó entre ellos la prueba T-student para muestras relacionadas, para establecer si la diferencia entre las medias de las dos pruebas es estadísticamente significativa. Y así determinar, solo para el grupo control el avance que este grupo logró luego del trabajo en el ambiente de aprendizaje.

Al aplicar la prueba se encontraron los siguientes resultados.

**Tabla 12** *Prueba T-student para grupo control*

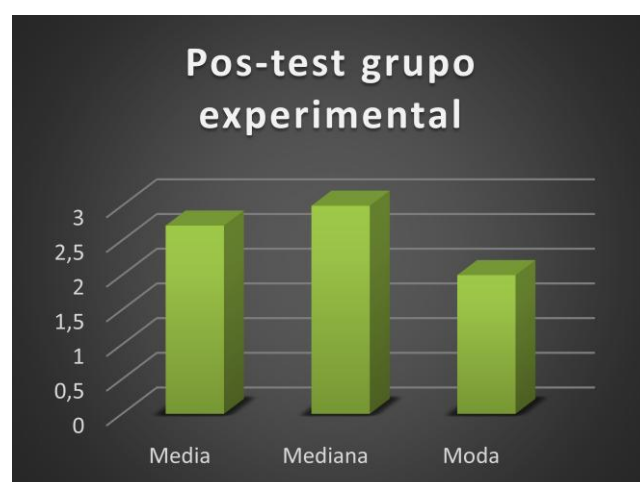
|       |                                                              | t     | gl | Sig. (bilateral) |
|-------|--------------------------------------------------------------|-------|----|------------------|
| Par 1 | Puntaje de la prueba Inicial -<br>Puntaje de la prueba final | -,941 | 20 | ,358             |

Como se puede observar en la tabla anterior el grupo control no presentó diferencia significativa en su desempeño para la solución de problemas entre el momento inicial y el momento final luego de haber tenido una intervención de ocho sesiones de trabajo con un ambiente de aprendizaje basado en el computador sin andamiajes metacognitivos. Resulta coherente este resultado, al revisar las medidas de tendencia central para el pre-test y el pos-test del grupo control; pues las medianas en ambos casos fueron de 2.0 sobre un máximo de 5.0 y las medias incrementaron 0,4 puntos.

En este primer análisis se realizó una contrastación solamente entre los desempeños del grupo control, de la misma manera se realizará a continuación con el grupo experimental para luego dar paso a la comparación entre los resultados de los dos grupos.

**Tabla 13** *Estadísticos del pos-test grupo experimental*

| Estadísticos |        | Frecuencia |    |
|--------------|--------|------------|----|
| Válidos      | 21     | ,00        | 1  |
| Perdidos     | 0      | 1,00       | 2  |
| Media        | 2,7143 | 2,00       | 7  |
| Mediana      | 3,0000 | 3,00       | 6  |
| Moda         | 2,00   | 4,00       | 2  |
|              |        | 5,00       | 3  |
|              |        | Total      | 21 |



**Ilustración 10** *Media del pos-test para el grupo experimental*

Luego de finalizar el trabajo con los estudiantes en el ambiente de aprendizaje se aplicó una prueba final, pos-test. En este caso la media obtenida por el grupo experimental fue de 2.7 en comparación con la media obtenida en el pos-test que fue de 1,28, así mismo los puntajes obtenidos por los estudiantes su rango de distribución aumentaron, el mayor número de respuestas se ubicó en los rangos 2.0 y 3.0 y aumentaron los puntajes obtenido en los rangos 4.0 y 5.0 en comparación con los resultados obtenidos en el pre-test por este mismo grupo. Del mismo modo, al comparar la mediana del pre-test con la del pos-test para el grupo experimental se puede observar que esta tuvo un incremento; mientras en la primera prueba la mediana fue de 1.0 para el pos-test el resultado en esta medida fue de 3.0.

Luego tener estos dos resultados, se aplicó entre ellos la prueba T-student para muestras relacionadas, para establecer si la diferencia entre las medias de las dos pruebas (pre-test y pos-test) para el grupo experimental es estadísticamente significativa. Al aplicar la prueba se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 14** Prueba T-student para grupo experimental

|       |                                                              | t      | gl | Sig. (bilateral) |
|-------|--------------------------------------------------------------|--------|----|------------------|
| Par 1 | Puntaje de la prueba Inicial -<br>Puntaje de la prueba final | -4,357 | 20 | ,000             |

De acuerdo con los resultados presentados en la tabla No. 12 se observa una diferencia significativa en el desempeño para la solución de problemas de los estudiantes que recibieron andamiajes metacognitivos durante el experimento. Además la tabla 11 muestra que la media del pos-test para el grupo experimental fue de 2.7 lo que permitiría inferir que el grupo que uso andamiajes metacognitivos mejoró su desempeño para la solución de problemas.

Con los resultados presentados hasta el momento solo se ha establecido que el grupo control comparado consigo mismo no tuvo mayores avances en su desempeño durante el trabajo en el ambiente de aprendizaje; mientras que el grupo experimental, comparado consigo mismo obtuvo un avance en el desempeño que puede considerarse estadísticamente significativo. Sin embargo para dar respuesta a la primera pregunta de investigación, la exposición de estos resultados es insuficiente. Por esta razón, a continuación se presenta un análisis que permita establecer si existe diferencia estadísticamente significativa entre el

grupo control y el grupo experimental para el desempeño en la solución de problemas matemáticos luego de la intervención con el ambiente de aprendizaje basado en el computador. Para esto se aplicó la prueba T-student para muestras independientes entre los resultados del pos-test de cada uno de los grupos.

**Tabla 15** Prueba T-student para pos-test del grupo control y experimental

|                            |                                     | t      | Gl     | Sig. (bilateral) |
|----------------------------|-------------------------------------|--------|--------|------------------|
| Puntaje de la prueba final | Se han asumido varianzas iguales    | -1,877 | 40     | ,068             |
|                            | No se han asumido varianzas iguales | -1,877 | 39,801 | ,068             |

Al aplicar la prueba t-student para los puntajes del pos-test de ambos grupos, no se encontró diferencia significativa, es decir, en términos estadísticos, ambos grupos presentaron un nivel similar de desempeño al finalizar la intervención en el ambiente de aprendizaje basado en el computador.

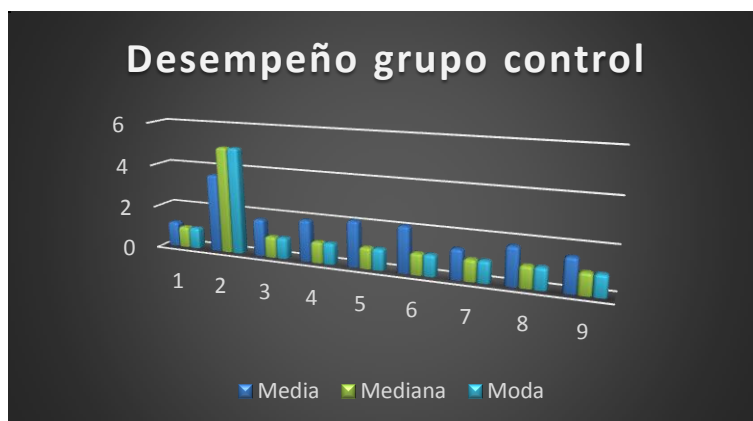
Para finalizar con la respuesta a esta primera pregunta de investigación, se analizaron los datos recolectados en cada una de las sesiones de trabajo. Según se estableció en la metodología, uno de los instrumentos de recolección de la información fueron pruebas de conocimiento, las cuales se aplicaron a los estudiantes al finalizar cada una de las sesiones de trabajo para cuantificar y analizar su desempeño; así que a continuación se presentan los resultados del desempeño de cada grupo para cada sesión

### Comparación de rendimiento de cada sesión entre los grupos

**Tabla 16** Medidas estadísticas para el grupo control en cada sesión de trabajo

|         |          | Estadísticos grupo control     |                         |                          |                        |                                |                                          |                               |                               |                       |
|---------|----------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
|         |          | Situación:<br>La<br>invitación | Situación:<br>La compra | Situación:<br>La fábrica | Situación:<br>El paseo | Situación:<br>La fábrica<br>II | Situación:<br>La papelería<br>pregunta 1 | Situación:<br>La<br>papelería | Situación:<br>El<br>Zoológico | Situación:<br>El cine |
| N       | Válidos  | 21                             | 21                      | 21                       | 21                     | 21                             | 21                                       | 21                            | 21                            | 21                    |
|         | Perdidos | 0                              | 0                       | 0                        | 0                      | 0                              | 0                                        | 0                             | 0                             | 0                     |
| Media   |          | 1,1905                         | 3,6667                  | 1,7619                   | 1,9524                 | 2,1429                         | 2,1429                                   | 1,3810                        | 1,7619                        | 1,5714                |
| Mediana |          | 1,0000                         | 5,0000                  | 1,0000                   | 1,0000                 | 1,0000                         | 1,0000                                   | 1,0000                        | 1,0000                        | 1,0000                |
| Moda    |          | 1,00                           | 5,00                    | 1,00                     | 1,00                   | 1,00                           | 1,00                                     | 1,00                          | 1,00                          | 1,00                  |

Nota: Cada una de las situaciones hacen referencia a las sesiones de trabajo planteadas a los estudiantes en el ambiente de aprendizaje, cada sesión se nombró según el problema presentado a los estudiantes, de ahí la invitación, la compra, la fábrica, el paseo, la fábrica II, la papelería, el zoológico y el cine



**Ilustración 11** Medidas estadísticas para el grupo control en cada sesión de trabajo

**Tabla 17** Medidas estadísticas para el grupo experimental en cada sesión de trabajo

| Estadísticos grupo experimental |                             |                         |                          |                        |                             |                                       |                            |                            |                       |
|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------|
|                                 | Situación:<br>La invitación | Situación:<br>La compra | Situación:<br>La fábrica | Situación:<br>El paseo | Situación:<br>La fábrica II | Situación:<br>La papelería pregunta 1 | Situación:<br>La papelería | Situación:<br>El Zoológico | Situación:<br>El cine |
| N                               | Válidos                     | 21                      | 21                       | 21                     | 21                          | 21                                    | 21                         | 21                         | 21                    |
|                                 | Perdidos                    | 0                       | 0                        | 0                      | 0                           | 0                                     | 0                          | 0                          | 0                     |
| Media                           | 2,1429                      | 4,6190                  | 4,4286                   | 5,0000                 | 4,0476                      | 4,0476                                | 2,3333                     | 4,0476                     | 2,3333                |
| Mediana                         | 1,0000                      | 5,0000                  | 5,0000                   | 5,0000                 | 5,0000                      | 5,0000                                | 1,0000                     | 5,0000                     | 1,0000                |
| Moda                            | 1,00                        | 5,00                    | 5,00                     | 5,00                   | 5,00                        | 5,00                                  | 1,00                       | 5,00                       | 1,00                  |

Nota: Cada una de las situaciones hacen referencia a las sesiones de trabajo planteadas a los estudiantes en el ambiente de aprendizaje, cada sesión se nombró según el problema presentado a los estudiantes, de ahí la invitación, la compra, la fábrica, el paseo, la fábrica II, la papelería, el zoológico y el cine



**Ilustración 12** Medidas estadísticas para el grupo experimental en cada sesión de trabajo

Al observar las tablas 16 y 17, se puede establecer que las medias de desempeño más altas para cada una de las sesiones de trabajo se encuentran en el grupo experimental, es decir aquel grupo que recibió andamiajes metacognitivos durante la solución del problema; del

mismo la moda en 6 de las 9 expuestas, para este grupo fue de 5.0, es decir el puntaje que más lograron los estudiantes en esas sesiones fue el puntaje máximo y la distribución en el punto medio tuvo un comportamiento igual en el grupo control; en comparación el grupo control en 8 de los 9 resultados presentados en la tabla tuvo una moda de 1.0, es decir el puntaje que más obtuvieron los estudiantes en el grupo control fue el mínimo posible, tendencia que se puede observar igual en la mediana del grupo control para cada una de las sesiones de trabajo.

Sin embargo, no es suficiente con estos datos, es necesario establecer si la diferencia en el desempeño para cada una de las sesiones de trabajo entre los dos grupos es significativa. Para esto se aplicó la prueba T-student para muestras independientes y se presentan a continuación los resultados.

**Tabla 18** Prueba t-student para los resultados de cada situación de grupo control y grupo experimental

|                                    |                                     | t      | gl     | Sig. (bilateral) |
|------------------------------------|-------------------------------------|--------|--------|------------------|
| Situación: La invitación           | Se han asumido varianzas iguales    | -2,132 | 40     | ,039             |
|                                    | No se han asumido varianzas iguales | -2,132 | 28,471 | ,042             |
| Situación: La compra               | Se han asumido varianzas iguales    | -1,917 | 40     | ,062             |
|                                    | No se han asumido varianzas iguales | -1,917 | 33,483 | ,064             |
| Situación: La fábrica              | Se han asumido varianzas iguales    | -5,668 | 40     | ,000             |
|                                    | No se han asumido varianzas iguales | -5,668 | 39,480 | ,000             |
| Situación: El paseo                | Se han asumido varianzas iguales    | -8,000 | 40     | ,000             |
|                                    | No se han asumido varianzas iguales | -8,000 | 20,000 | ,000             |
| Situación: La fábrica II           | Se han asumido varianzas iguales    | -3,430 | 40     | ,001             |
|                                    | No se han asumido varianzas iguales | -3,430 | 39,862 | ,001             |
| Situación: La papelería pregunta 1 | Se han asumido varianzas iguales    | -3,430 | 40     | ,001             |
|                                    | No se han asumido varianzas iguales | -3,430 | 39,862 | ,001             |
| Situación: La papelería            | Se han asumido varianzas iguales    | -1,917 | 40     | ,062             |
|                                    | No se han asumido varianzas iguales | -1,917 | 33,483 | ,064             |
| Situación: El Zoológico            | Se han asumido varianzas iguales    | -4,411 | 40     | ,000             |
|                                    | No se han asumido varianzas iguales | -4,411 | 39,739 | ,000             |
| Situación: El cine                 | Se han asumido varianzas iguales    | -1,451 | 40     | ,155             |
|                                    | No se han asumido varianzas iguales | -1,451 | 36,907 | ,155             |

Al observar el desempeño para cada sesión de trabajo se puede observar que durante en cinco de las ocho sesiones de trabajo se observa una diferencia significativa entre los grupos control y experimental, diferencia que se inclina a favor del grupo experimental, resultado que encuentra explicación en las tablas que muestran las estadísticas, pues en estas las medias más altas de desempeño las obtuvieron los participantes del grupo que recibió los andamiajes metacognitivos durante el trabajo, así como se muestra que los estudiantes de este grupo obtuvieron en mayor frecuencia los puntajes máximos posibles en 6 de las ocho

sesiones de trabajo; lo que puede sugerir que el ambiente computacional afecto positivamente el desempeño de los estudiantes del grupo experimental

**¿Cómo el uso de andamiajes metacognitivos, implementados en un ambiente computacional bajo la perspectiva de la autorregulación del aprendizaje, puede potenciar el desarrollo de habilidades para la solución de problemas matemáticos en estudiantes de grado tercero de básica primaria?**

Otro de los instrumentos de recolección de la información usados durante este estudio, fue: registros del ambiente computacional, estos registros fueron usados, entre otros, para la recolección de datos que permitieron dar respuesta a esta segunda pregunta de investigación.

Durante las primeras cuatro sesiones de trabajo los estudiantes con el apoyo del maestro, usaron los andamiajes y se familiarizaron con los ofrecidos en el sistema, luego de conocer muy bien los andamiajes y su utilidad, a partir de la sesión número cinco y hasta la sesión final, los estudiantes usaron los andamiajes que ellos consideraron necesarios para la solución del problema.

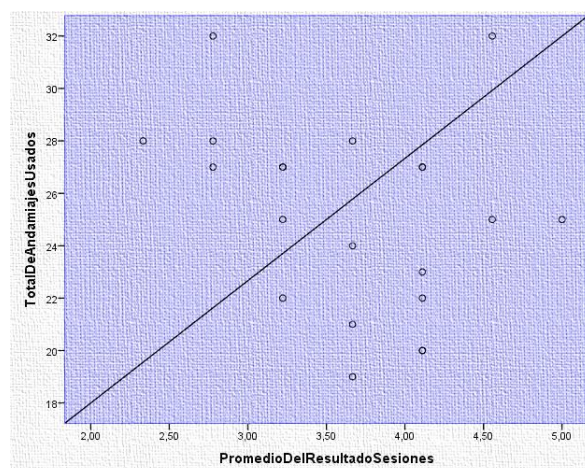
Con los datos obtenidos, se realizó con ayuda del software “SPSS Statistics 21” una correlación de Pearson en el cual se estableció la correlación existente entre la variable independiente sobre la dependiente en este estudio; los resultados se presentan en la siguiente tabla.

**Correlaciones entre el uso de andamiajes y el desempeño**

**Tabla 19** Correlaciones de Pearson entre el uso de andamiajes metacognitivos y los resultados

| Correlaciones                   |                        | Total De Andamiajes Usados | Promedio Del Resultado Sesiones |
|---------------------------------|------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Total De Andamiajes Usados      | Correlación de Pearson | 1                          | ,714**                          |
|                                 | Sig. (bilateral)       |                            | ,000                            |
|                                 | N                      | 42                         | 42                              |
| Promedio Del Resultado Sesiones | Correlación de Pearson | ,714**                     | 1                               |
|                                 | Sig. (bilateral)       | ,000                       |                                 |
|                                 | N                      | 42                         | 42                              |

\*\*, La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).



**Ilustración 13** Dispersión de puntos para la correlación entre el uso de andamiajes y el desempeño académico

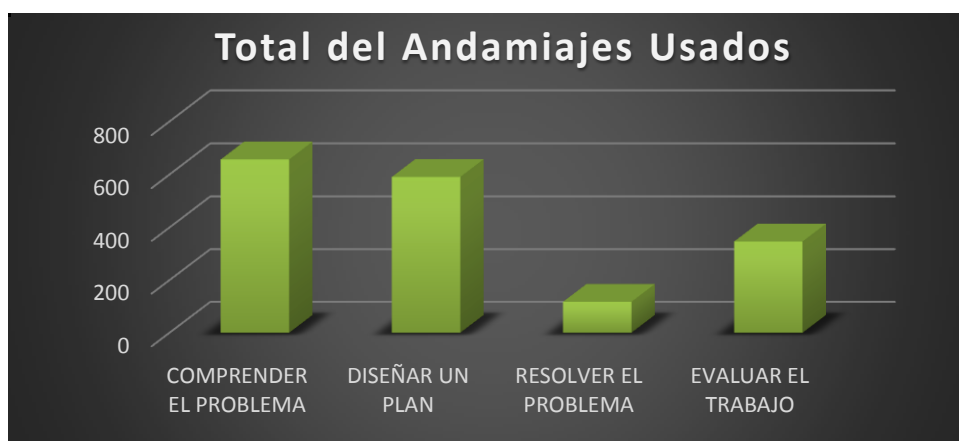
Como se puede observar en la tabla se encuentra una correlación positiva entre las dos variables, lo que significa que entre mayor uso de andamiajes mayores puntajes en el desempeño para la solución de problemas matemáticos.

Ahora bien, al haber encontrado que a mayor número de andamiajes mejor fue el desempeño de los estudiantes para la solución de problemas se expone a continuación una tabla en la cual se muestran que tipo de andamiaje fue el más usado por los estudiantes.

**Tabla 20** Frecuencia de cada andamiaje para las fases de previsión, ejecución y evaluación

| SITUACIONES                   | COMPRENDER EL PROBLEMA |     |     |     |     | DISEÑAR UN PLAN |     |     |     | RESOLVER EL PROBLEMA | EVALUAR EL TRABAJO |     |     |
|-------------------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----------------|-----|-----|-----|----------------------|--------------------|-----|-----|
|                               | 1                      | 2   | 3   | 4   | 5   | 1               | 2   | 3   | 4   | 1                    | 1                  | 2   | 3   |
| <b>Desafío: La</b>            | 21                     | 21  | 21  | 21  | 21  | 21              | 21  | 21  | 21  | 21                   | 21                 | 21  | 21  |
| <b>Desafío: La compra</b>     | 21                     | 21  | 21  | 21  | 21  | 21              | 21  | 21  | 21  | 21                   | 21                 | 21  | 21  |
| <b>Desafío: La fábrica</b>    | 21                     | 21  | 21  | 21  | 21  | 21              | 21  | 21  | 21  | 21                   | 21                 | 21  | 21  |
| <b>Desafío: El paseo</b>      | 21                     | 21  | 21  | 21  | 21  | 21              | 21  | 21  | 21  | 21                   | 21                 | 21  | 21  |
| <b>Desafío: La fábrica II</b> | 17                     | 17  | 17  | 16  | 15  | 15              | 15  | 16  | 12  | 15                   | 17                 | 16  | 16  |
| <b>Desafío: La papelería</b>  | 14                     | 15  | 15  | 15  | 15  | 7               | 7   | 6   | 5   | 9                    | 7                  | 6   | 6   |
| <b>Desafío: El zoológico</b>  | 11                     | 10  | 11  | 11  | 11  | 7               | 7   | 7   | 6   | 5                    | 6                  | 6   | 6   |
| <b>Desafío: El cine</b>       | 6                      | 5   | 5   | 5   | 6   | 4               | 3   | 3   | 4   | 5                    | 3                  | 3   | 3   |
| Total de cada ayuda           | 132                    | 131 | 132 | 131 | 131 | 117             | 116 | 116 | 111 | 118                  | 117                | 115 | 115 |
| Total del andamiaje           | 657                    |     |     |     |     | 591             |     |     |     | 118                  | 347                |     |     |

Nota: Para el andamiaje comprender el problema las ayudas ofrecidas a los estudiantes fueron: 1. ¿Puedo escribir el problema con mis propias palabras? 2. ¿Qué información tengo? 3. De la información que tienes ¿Qué información debes usar? 4. ¿Qué debes averiguar? 5. ¿Puedes hacer un dibujo sobre el problema? Para el andamiaje diseñar el plan las ayudas ofrecidas a los estudiantes fueron: 1. ¿Para qué debo usar la información que tengo? 2. ¿Qué debo hacer con los datos que tengo? 3. ¿Debo hacer una operación matemática o solo debo dar una respuesta lógica? 4. ¿Qué clase de operación debo hacer? Para el andamiaje resolver el problema la ayuda ofrecida a los estudiantes fue: 1. Resolver el problema. Para el andamiaje evaluar el trabajo las ayudas ofrecidas a los estudiantes fueron: 1. ¿La respuesta que encontraste es una respuesta lógica? 2. ¿La respuesta se ajustó a los datos del problema? 3. ¿Hay más de una respuesta?



**Ilustración 14** Frecuencia de cada andamiaje para las fases de previsión, ejecución y evaluación

Al observar el número de ayudas usadas por los estudiantes en cada uno de los andamiajes para la solución de la situación propuesta, se puede establecer que la ayuda más usada por los estudiantes fue la relacionada con la comprensión del problema, en segundo lugar la ayuda que tuvo como objetivo ayudar a los estudiantes a diseñar un plan para resolver el problema, en tercer lugar las ayudas para la evaluación del desempeño y la comprobación de la respuesta y por último la ayuda menos usada por los estudiantes fue resolver el problema. Estos resultados sugieren que los estudiantes al lograr la comprensión del problema con la ayuda de los andamiajes, pueden disminuir el uso de estas ayudas para las otras fases del trabajo.

### **Uso de andamiajes metacognitivos y procesos de autorregulación**

Puesto que el ambiente computacional estuvo diseñado bajo la perspectiva de autorregulación del aprendizaje, también se consolidaron las interacciones de los estudiantes en las tres fases del proceso de autorregulación de Zimmerman (2000), así en la fase de previsión se presentan los tipos de metas personales seleccionadas por los estudiantes, las cuales estuvieron relacionadas con la percepción de autoeficacia. Para la fase de ejecución se realizó un análisis de los planes diseñados por los estudiantes, de acuerdo con tres categorías de análisis: Planeación con el apoyo de estrategias cognitivas y/o metacognitivas, planeación con el uso de operaciones matemáticas y planeación con ideas difusas. Por último para la fase de autorreflexión, se realizó un análisis de la autoevaluación de los estudiantes de acuerdo con tres categorías de análisis: Cumplimiento de meta gracias al uso de estrategias cognitivas y/o metacognitivas, cumplimiento de meta gracias al uso de operaciones matemáticas y autoevaluación con ideas difusas.

Se presentan a continuación las tablas que muestran los datos recolectados en los análisis descritos anteriormente:

**Tabla 21** Selección de la meta personal en cada sesión para grupo control y grupo experimental

| Grupos - Meta personal                                                                 | Grupo Control |    |    |    |    |    |    |    | Grupo Experimental |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----|----|----|----|----|----|----|--------------------|----|----|----|----|----|----|----|
|                                                                                        | 1             | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 1                  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
| 1. Completaré totalmente el desafío y resolveré excelentemente el problema             | 15            | 15 | 14 | 14 | 13 | 15 | 14 | 14 | 15                 | 15 | 16 | 16 | 17 | 18 | 21 | 21 |
| 2. Completaré el desafío, pero seguro tendré que pedir ayuda para resolver el problema | 3             | 3  | 4  | 3  | 3  | 4  | 4  | 3  | 3                  | 2  | 4  | 4  | 4  | 3  | 0  | 0  |
| 3. Creo que no podre completar el desafío pero me esforzare para hacerlo               | 3             | 3  | 1  | 4  | 5  | 2  | 3  | 4  | 3                  | 4  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 4. No me interesa completar el desafío                                                 | 0             | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |

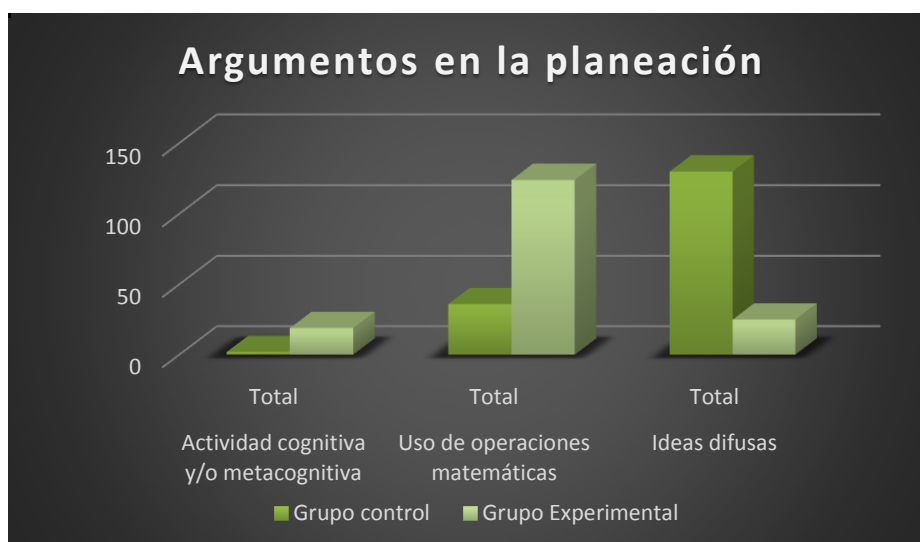
Nota: Los números del 1 al 8, corresponden a cada una de las sesiones de trabajo con los estudiantes

Los datos registrados en la tabla no demuestran una diferencia significativa entre las percepciones de autoeficacia de los estudiantes, aún después de recibir los andamiajes metacognitivos. Esto puede significar, que el nivel de motivación de los estudiantes, su percepción de autoeficacia y el valor que le asignan a la tarea, no tiene influencia por la presencia o ausencia de los andamiajes.

**Tabla 22** Ideas concebidas por los estudiantes en la fase de ejecución

|                    | Actividad cognitiva y/o metacognitiva |   |   |   |   |   |   |   |        |    | Uso de operaciones matemáticas |    |    |    |    |    |    |        |    |    | Ideas difusas |    |    |    |    |    |       |  |  |  |
|--------------------|---------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|--------|----|--------------------------------|----|----|----|----|----|----|--------|----|----|---------------|----|----|----|----|----|-------|--|--|--|
|                    | 1                                     | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | To tal | 1  | 2                              | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | To tal | 1  | 2  | 3             | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | Total |  |  |  |
| Grupo control      | 0                                     | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2      | 1  | 4                              | 5  | 6  | 4  | 5  | 8  | 3  | 36     | 20 | 17 | 15            | 15 | 17 | 16 | 12 | 18 | 130   |  |  |  |
| Grupo Experimental | 4                                     | 5 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 19     | 11 | 12                             | 17 | 17 | 14 | 17 | 20 | 16 | 124    | 6  | 4  | 2             | 3  | 4  | 2  | 0  | 4  | 25    |  |  |  |

Nota: Los números del 1 al 8, corresponden a cada una de las sesiones de trabajo con los estudiantes



**Ilustración 15** Ideas concebidas por los estudiantes en la fase de ejecución

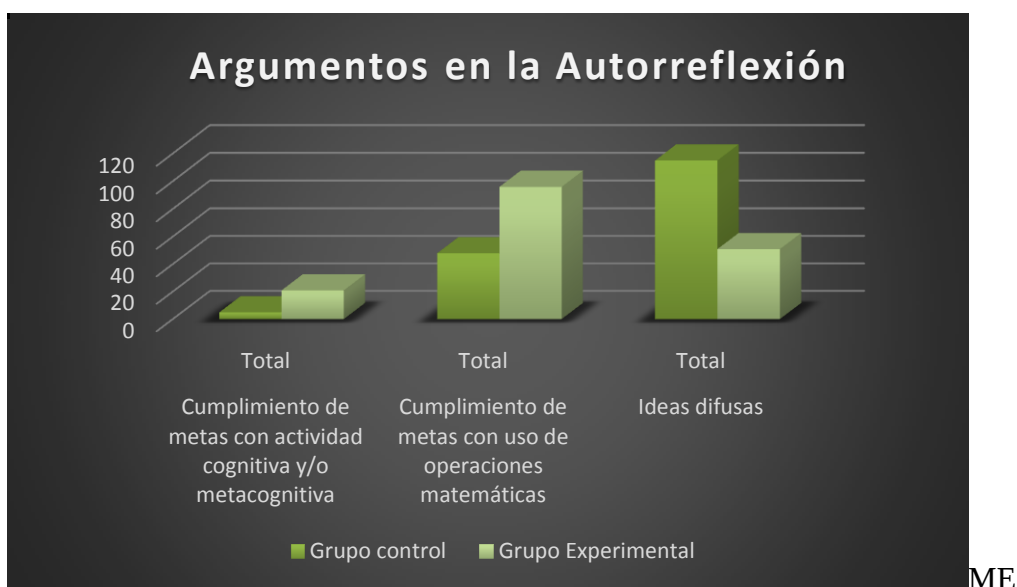
Como se puede observar en la tabla 22, aquellos estudiantes que recibieron el apoyo de andamiajes metacognitivos durante su trabajo usaron más ideas cognitivas y/o metacognitivas que los estudiantes del grupo control, del mismo modo reconocieron con más frecuencia la necesidad de usar operaciones matemáticas para la solución de problemas que los estudiantes del grupo control; finalmente el grupo control, es decir, los estudiantes que no recibieron andamiajes metacognitivos durante su trabajo presentaron ideas difusas en la presentación de su plan. Esto puede indicar que aquellos estudiantes que recibieron el apoyo de los andamiajes durante el desarrollo de su tarea, hicieron uso de mayores estrategias de conocimiento y experiencia metacognitiva.

Para la fase de autorreflexión se realizó un análisis similar que se presenta a continuación.

**Tabla 23**

|                           | Cumplimiento de metas con actividad cognitiva y/o metacognitiva |   |   |   |   |   |   |   |       | Cumplimiento de metas con uso de operaciones matemáticas |    |    |    |    |    |    |    |       | Ideas difusas |    |    |    |    |    |    |    |       |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|-------|----------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|-------|---------------|----|----|----|----|----|----|----|-------|
|                           | 1                                                               | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Total | 1                                                        | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | Total | 1             | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | Total |
| <b>Grupo control</b>      | 0                                                               | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 5     | 0                                                        | 11 | 8  | 4  | 4  | 8  | 6  | 7  | 48    | 21            | 10 | 10 | 17 | 16 | 13 | 15 | 13 | 115   |
| <b>Grupo Experimental</b> | 5                                                               | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 21    | 10                                                       | 16 | 13 | 11 | 10 | 14 | 12 | 10 | 96    | 6             | 2  | 5  | 7  | 9  | 5  | 8  | 9  | 51    |

Nota: Los números del 1 al 8, corresponden a cada una de las sesiones de trabajo con los estudiantes



**Ilustración 16** Ideas concebidas por los estudiantes en la fase de autorreflexión

La tabla 23 muestra los datos de las ideas expresadas por los estudiantes en la fase de autorreflexión, en ésta los estudiantes debían reflexionar sobre el cumplimiento de su meta personal y la manera en la cual lo habían logrado. Igual que en las ideas concebidas por los estudiantes en el plan de trabajo, los estudiantes del grupo control tuvieron mayor número de ideas difusas en comparación con el grupo experimental, así mismo este último grupo uso con mayor frecuencia las operaciones matemáticas como el puente para cumplir su meta personal.

## Discusión

Luego de presentar los resultados del estudio con los cuales se dio respuesta a las preguntas de investigación, se presentan a continuación, la discusión apoyada en la contrastación entre la evidencia encontrada y la teoría que fundamenta esta investigación. Estos análisis están organizados por según las hipótesis que se plantearon al iniciar el estudio.

**H<sub>1</sub>: Los estudiantes que interactúan con un andamiaje metacognitivo dispuesto en un ambiente de aprendizaje basado en el computador con enfoque autorregulado, obtienen más altos desempeños en la solución de problemas matemáticos que el grupo que no recibe el apoyo de los andamiajes metacognitivos.**

Para confirmar o negar la hipótesis N° 1 de la investigación se tendrán en cuenta los resultados que dieron respuesta a la pregunta de investigación ¿Existe una diferencia significativa en el desempeño para solucionar problemas matemáticos, entre dos grupos de estudiantes: uno que usa andamiajes metacognitivos y otro que no hace uso de tales herramientas?

Los resultados mostraron que el grupo experimental, obtuvo diferencias significativas en el desempeño para solucionar problemas después del uso de los andamiajes metacognitivos, comparado este desempeño con el que presentaron antes del experimento. Posiblemente el uso de los andamiajes metacognitivos favoreció el desempeño de los estudiantes en tanto estas ayudas, tal como lo afirmó Wood et al. (1976), les permitió a los concentrarse en aquellos elementos del problema que estaban dentro de su competencia. Este resultado se relaciona con los hallazgos de Azevedo y Hadwin (2005), quienes afirmaron que cuando los estudiantes se enfrentan al aprendizaje de temas complejos en ambientes de aprendizaje basados en el computador y no tienen la posibilidad de acceder a herramientas como los andamiajes, muestran pobres habilidades y fracasos en la comprensión del tema.

Se puede atribuir el avance en el desempeño para la solución de problemas en el grupo experimental, al uso de los andamiajes, pues al aplicar el análisis estadístico de correlaciones de Pearson, se obtuvo una significancia de correlación positiva que permitió establecer que a mayor número de andamiajes metacognitivos usados por los estudiantes, mayores puntajes en el desempeño para la solución de problemas matemáticos. Ahora bien, los andamiajes ofrecidos a los estudiantes tuvieron en cuenta los procesos que Hannafin et al. (1999) propusieron como elementales para ser considerados en los andamiajes

metacognitivos, estos son la planeación, la comparación y la evaluación de sus representaciones. Luego de establecer la correlación positiva entre el uso de andamiajes y el desempeño, se analizaron los datos obtenidos de las interacciones de los estudiantes en el ambiente de aprendizaje, y de esta manera se pudo constatar que el andamiaje más usado por los estudiantes es el relacionado con la comprensión del problema, lo que sugiere que los estudiantes alcanzaron altos niveles de comprensión y en este sentido obtuvieron mejores resultados. Al relacionar estos resultados con investigaciones previas, puede ser acertado concluir que en efecto el uso de andamiajes fue favorable en el desempeño de los estudiantes para la solución de problemas. Zydney (2010), Molennar, van Boxtel y Sleegers (2010), Molennar, Roda, van Boxtel y Sleegers (2012); Raes, Schellens, De Wever y Vanderhoven (2012), en sus investigaciones relacionadas con el uso de múltiples andamiajes en la ejecución de diferentes tareas de aprendizaje concluyeron que cuando los estudiantes reciben el apoyo de andamiajes, mejoran su comprensión sobre los problemas y logran llegar a la solución, gracias a que los andamiajes tienen un efecto significativo en sus actividades metacognitivas, mejoran su dominio del conocimiento y contribuyen en el fortalecimiento de la conciencia metacognitiva, sin importar el tipo de andamiaje con el que hayan trabajado. Además Hannafin y Kim (2011) afirman que ofrecer andamiajes para la solución de problemas permite que los estudiantes reciban la guía necesaria y así de manera autónoma puedan mejorar su desempeño. En este mismo sentido, los postulados de Vigotsky (1978) apoyan las explicaciones anteriores, pues este autor afirma que la mayoría de los estudiantes requieren apoyo para trabajar en su zona de desarrollo próximo y así obtener mejores desempeños; así pues los andamiajes dentro de esta investigación se convirtieron en aquel apoyo que los estudiantes requirieron para llevar a cabo las tareas de aprendizaje propuestas.

Saber que el grupo experimental mejoró su desempeño luego del uso de los andamiajes, no se constituye en un resultado contundente que permita confirmar o descartar la hipótesis N° 1, por esto fue necesario ampliar los análisis de los datos obtenidos sobre las interacciones de los estudiantes en el ambiente computacional. Se realizó, entonces, un análisis estadístico en el cual se comparó el desempeño del grupo control vs. el grupo experimental, encontrándose que no existe una diferencia significativa entre los dos grupos al haber terminado la intervención en el ambiente de aprendizaje basado en el computador; sin embargo, al realizar el análisis detallado de los resultados obtenidos por los estudiantes en cada una de las sesiones y al comparar estos desempeños entre el grupo control y el grupo

experimental se obtuvo una diferencia significativa a partir de la tercera sesión de trabajo a favor del grupo que durante la intervención recibió el apoyo de andamiajes metacognitivos.

De acuerdo con James (2010) (citado por Dabarera et al., 2014) los andamiajes metacognitivos en los cuales se modelan estrategias metacognitivas favorecen el rendimiento de los estudiantes. Los resultados obtenidos en este estudio, confirman la posición de James (2010), pues el uso de andamiajes metacognitivos favoreció el desempeño de los estudiantes del grupo que los recibió; sin embargo al finalizar la intervención, este grupo en el pos-test tuvo un desempeño similar al grupo que no recibió apoyos durante la intervención. Podría pensarse, por un lado, que el tiempo de uso de los andamiajes no fue suficiente para que los estudiantes del grupo experimental lograran el desarrollo de la comprensión y la competencia necesaria para poder desarrollar la tarea sin el apoyo de los andamiajes, características necesarias para cumplir con el principio del desvanecimiento en los andamiajes (Warwick, Mercer & Kershner, 2013), también podría pensarse que el tiempo no contribuyó a cumplir con la característica de transferencia de responsabilidad (Warwick et al., 2013) pues los estudiantes no lograron el desarrollo de la capacidad autorreguladora que les permitiera desarrollar la tarea de aprendizaje de manera autónoma sin el apoyo de los andamiajes. No obstante, desde otra posición teórica, también podría explicarse este resultado con la propuesta de Puustinen et al. (2001), quienes afirmaron que poseer las capacidades necesarias para ejecutar una tarea de aprendizaje no significa que estas automáticamente serán utilizadas, elementos como el aspecto personal, la conducta y los eventos del contexto influyen necesariamente en la decisión final; desde esta perspectiva se sugiere que aunque los estudiantes del grupo experimental adquirieron las habilidades necesarias para la solución de problemas, lo cual se evidenció en el desempeño de cada una de las sesiones de trabajo, por alguna razón que tuvo influencia desde el aspecto personal, la conducta o el ambiente, estas habilidades no fueron evidenciadas en sus desempeños durante el pos-test.

Por otro lado Holton y Clarke (2006), proponen los autoandamiajes como una manera de proporcionar andamiajes a sí mismos, al hacer uso de experiencias previas en situaciones similares; esto puede significar, para esta investigación en particular, que al haber asignado a los estudiantes la responsabilidad de seleccionar el tipo de andamiaje que requerían, desvió su atención hacia la selección adecuada de los andamiajes para la solución de problemas durante las sesiones de trabajo y no les permitió espacio para integrar las herramientas metacognitivas a sus procesos, por esto en ausencia de la ayuda no pudieron mejorar sus desempeños significativamente frente al grupo control. Este resultado coincide con los hallazgos de

Molenar et al., (2012) quienes encontraron en su investigación que estudiantes de dos grupos, unos que recibieron andamiajes y otros que no, no mostraron diferencias significativas respecto del dominio de conocimiento, aunque el grupo que recibió los andamiajes mostró mejores ejecuciones durante el trabajo desarrollado en el ambiente de aprendizaje. Además del resultado los dos estudios tienen similitudes en la población con la que se desarrolló el trabajo, pues en ambos casos la población seleccionada para la investigación fue conformada por estudiantes de primaria. Esto podría dar luces acerca de investigaciones futuras sobre el tiempo, el tipo y la modalidad de entrega de andamiajes para estudiantes de primaria, pues es con esta población con la que se ha encontrado evidencia acerca de la ausencia de los efectos positivos en el aprendizaje a largo plazo en estudiantes que reciben el apoyo de andamiajes.

Luego de estos análisis se confirma la hipótesis N° 1, pues quedó claro que aquellos estudiantes que interactuaron con andamiajes metacognitivos dispuestos en un ambiente de aprendizaje basado en el computador con un enfoque autorregulado, obtuvieron mejores desempeños en la solución de problemas matemáticos que aquel grupo que no recibió el apoyo de dichas herramientas, aun cuando al finalizar el experimento, no se logró establecer una diferencia significativa en los resultados entre los grupos.

A continuación se presenta el análisis para la segunda hipótesis de investigación para poderla confirmar o descartar.

**H<sub>2</sub>: El uso de andamiajes metacognitivos en un ambiente computacional bajo la perspectiva de la autorregulación del aprendizaje, favorecen procesos cognitivos y metacognitivos para solucionar problemas matemáticos, en estudiantes de grado tercero de básica primaria.**

El análisis de esta hipótesis se realizará desde los resultados con los cuales se dio respuesta a la pregunta de investigación ¿Cómo el uso de andamiajes metacognitivos, implementados en un ambiente computacional bajo la perspectiva de la autorregulación del aprendizaje, influyen en el desarrollo de habilidades para la solución de problemas matemáticos en estudiantes de grado tercero de básica primaria?

Como ya se expuso en el apartado anterior, al aplicar las correlaciones de Pearson entre las variables: uso de andamiajes metacognitivos y desempeño para la solución de problemas, se obtuvo una correlación positiva. Con este resultado, se abre camino al análisis que permitirá establecer la manera en la cual los andamiajes metacognitivos favorecieron el desempeño para la solución de problemas en los estudiantes del grupo experimental.

Con los instrumentos de recolección de la información, en el ambiente computacional, se tomaron registros de cada una de las fases de la autorregulación contempladas durante las actividades de aprendizaje.

Un primer análisis corresponde con el elemento de autoeficacia, dentro del ambiente computacional en la fase de previsión los estudiantes debían seleccionar su meta personal, el ambiente ofrecía cuatro opciones de meta las cuales estaban relacionadas directamente con la percepción de autoeficacia de los estudiantes. Zimmerman (1989) demostró que los estudiantes con alta autoeficacia usan estrategias de aprendizaje de mejor calidad y más automonitoreo de sus resultados de aprendizaje; del mismo modo las investigaciones en este campo han establecido que los estudiantes con una alta percepción de autoeficacia relacionan de manera positiva con desempeños de aprendizaje vinculados con persistencia en las tareas, elección de tareas, actividades efectivas de estudio y adquisición de habilidades para el logro académico ( Bandura, 1986; Rosenthal & Bandura, 1978; Schunk, 1986; Zimmerman, 1986; citados por Zimmerman, 1989). Según las afirmaciones de estos autores podría pensarse que los estudiantes tanto del grupo control como del grupo experimental, obtendrían altos niveles de desempeño para la solución de problemas, en tanto que al revisar la elección de sus metas personales se observa que en cada una de las sesiones, un alto porcentaje de estudiantes seleccionó la meta: “completaré totalmente el desafío y resolveré excelentemente el problema”, la cual se encuentra directamente relacionada con una alta percepción de autoeficacia. Estas elecciones de los estudiantes se encuentran acorde con su edad, ya que es común encontrar entre los niños de este ciclo respuestas de este tipo, pues su experiencia previa les permite creer que tienen las capacidades necesarias para enfrentarse a cualquier tarea que se les proponga. Sin embargo, el desempeño no depende exclusivamente de las percepciones de autoeficacia de los estudiantes, pues como bien lo dijo Bandura (1986), la reciprocidad triádica establece una relación de interdependencia entre elementos personales, conductuales y ambientales; en este caso que los estudiantes tengan altas percepciones de autoeficacia, solo atiende a los elementos personales del proceso, y si bien estas percepciones pueden haber influido positivamente en el desempeño de los estudiantes, es necesario establecer los elementos conductuales y ambientales que estuvieron presentes durante el proceso para poder determinar la manera en la cual los andamiajes metacognitivos favorecieron el desempeño de los estudiantes.

Es así como se analizaron los datos consolidados en el ambiente de aprendizaje en la fase de ejecución, para esta fase los estudiantes iniciaban el uso de los andamiajes

metacognitivos relacionados con la comprensión del problema y el diseño de un plan para su solución, luego de recibir las ayudas en estos dos pasos los estudiantes debían escribir su plan de trabajo. Los planes diseñados por ellos fueron analizados desde tres categorías de análisis: planes que incluían el uso de actividades cognitivas o metacognitivas, planes que incluían el uso de operaciones matemáticas o planes que demostraban ideas difusas sobre la tarea de aprendizaje que debían ejecutar. Estas tres categorías de análisis no fueron seleccionadas arbitrariamente, estas se establecieron al tener en cuenta diferentes elementos del fundamento teórico de esta investigación: 1. las estrategias de autorregulación que propone la teoría social – cognitiva de Bandura (1986), dentro de esta teoría de la autorregulación las estrategias del aprendizaje se clasifican en dos categorías: estrategias cognitivas y estrategias metacognitivas. Las estrategias cognitivas son aquellas que se centran en el procesamiento de la información, tales como ensayo, elaboración y organización. De otro lado las estrategias metacognitivas son aquellas que abordan los comportamientos que el alumno muestra en el ejercicio de las situaciones de aprendizaje, así se constituyó la primera categoría. (Cobb, 2003) 2. Los tipos de conocimiento que se involucran en la solución de problemas incluyen el conocimiento procedimental que está basado en las destrezas que el estudiante debe poseer para seguir secuencias y acciones, es saber qué hacer cuando se presenta una determinada situación (Biggs, 2006), de éste fundamento surgió la segunda categoría de análisis.

Con estas categorías claras se observó que aquellos estudiantes que recibieron el apoyo de andamiajes metacognitivos para las dos primeras fases de la solución de problemas propuestas por Polya (1973), es decir para la comprensión del problema y el diseño del plan, usaron con mayor frecuencia estrategias cognitivas y/o metacognitivas para realizar la planeación de su trabajo, comparado con los estudiantes del grupo control. Así los estudiantes del grupo experimental usaron 19 veces este tipo de estrategias en sus planes vs. 2 veces que fueron usadas por los estudiantes del grupo control. Estos resultados se encuentran relacionados con los hallazgos de Moos y Azevedo (2008); Azavedo, Cromley y Seibert (2004); quienes en sus investigaciones concluyeron que cuando los estudiantes reciben andamiajes usan con mayor frecuencia estrategias de aprendizaje para la ejecución de sus tareas de aprendizaje y de la misma manera usan más procesos relacionados con planeaciones durante las tareas de aprendizaje, también encontraron que los estudiantes que reciben andamiajes logran mejores niveles de comprensión y tienen la facilidad de regular su propio aprendizaje mediante el uso de procesos claves de la autorregulación como la planificación y el monitoreo.

En este mismo sentido los hallazgos respecto del uso de estrategias cognitivas y metacognitivas para el diseño de los planes de trabajo, se relacionan con el trabajo desarrollado por Chen y Bradshaw (2014) quienes concluyeron en su estudio que aquellos estudiantes que reciben andamiajes tiene más facilidades para explicar sus razonamientos para los planes de solución a los problemas propuestos, así como hacen mayores esfuerzos para identificar más conceptos y establecer las relaciones necesarias para dar solución a los problemas.

Para la segunda categoría de análisis, en el diseño del plan de trabajo, los estudiantes del grupo experimental usaron con mayor frecuencia ideas relacionadas con conocimiento procedimental, en este grupo los usaron 124 veces este tipo de ideas, mientras que en el grupo control, los planes relacionadas con el uso de operaciones matemáticas, es decir conocimiento procedimental, tuvo una frecuencia de 36. Lo que puede sugerir que el uso de andamiajes metacognitivos permitió a los estudiantes comprender la necesidad del conocimiento que debían usar en cada una de las situaciones propuestas para las sesiones de trabajo. Esto podría explicarse desde los postulados de Zimmerman (2000) según los cuales en la fase de ejecución del proceso de autorregulación al autocontrol ayuda a los estudiantes a concentrarse en la tarea y a optimizar sus esfuerzos, por ejemplo, reducir la tarea en sus componentes esenciales y reorganizarlos en orden de prioridades; podría entonces concluirse que aquellos estudiantes que recibieron la ayuda de los andamiajes metacognitivos pudieron optimizar sus esfuerzos y centrar su atención en las tareas esenciales para la solución de los problemas propuestos. En este mismo sentido, que los estudiantes lograrán establecer ideas acerca del uso de operaciones matemáticas para la solución de problemas se relaciona con los hallazgos de Swanson, (1990); Annevirta y Vauras (2006) quienes afirmaron que usar herramientas metacognitivas para la solución de problemas permite a los estudiantes plantear mayores opciones de solución.

La última categoría de análisis para los de planes de trabajo, fue las ideas difusas, en esta se puede observar que los estudiantes del grupo control en 130 oportunidades presentaron ideas difusas en sus planes vs. 25 veces del grupo experimental. Esto puede sugerir que aquellos estudiantes que no recibieron la Ayuda de andamiajes metacognitivos durante el trabajo presentaron dificultades en la comprensión de la tarea, por lo cual no tuvieron las capacidades necesarias para diseñar un plan de trabajo claro. Estos hallazgos se relacionan con los de Azevedo y Hadwin (2005), quienes afirman que cuando los estudiantes están se enfrentan al aprendizaje temas complejos en ambientes de aprendizaje basados en el

computador y no tienen la posibilidad de acceder a herramientas como los andamiajes, muestran pobres habilidades para regular su aprendizaje y fracasos en la comprensión conceptual del tema. Del mismo modo, las ideas de los estudiantes del grupo control para los planes de trabajo, confirman los hallazgos de Phonapichat, Wongwanich y Sujiva (2014) quienes después de su investigación lograron establecer que los estudiantes presentan dificultades para: comprender las palabras clave que aparecen en los problemas, identificar la información necesaria para resolver el problema, diseñar un plan que les permita llevar a cabo un proceso claro, entre otros. Así que cuando los estudiantes, no reciben el apoyo necesario, en este caso de andamiajes metacognitivos, su atención se dispersa por lo cual no comprenden el problema y por tanto no pueden diseñar un plan de trabajo que les permita llegar a una solución.

Finalmente para la fase de autorreflexión, los estudiantes debían escribir en un espacio del ambiente su autoevaluación, en la cual debían, por un lado, escribir si habían cumplido su meta personal y por otro lado la manera en la cual lo habían logrado o aquellos aspectos que debían mejorar para que sus desempeños futuros fueran mejores. Para estos registros se utilizaron las mismas categorías de análisis que se usaron para los registros del plan de trabajo. 1. Autoevaluación en las que se contempló el cumplimiento de metas gracias al uso de estrategias cognitivas y metacognitivas, 2. Autoevaluación en las que se contempló el cumplimiento de metas gracias al uso de operaciones matemáticas y 3. Autoevaluaciones con ideas difusas.

Para estos análisis, los resultados no variaron mucho respecto de los análisis presentados para los planes de trabajo diseñados por los estudiantes. Esto significa que aquellos estudiantes que recibieron el apoyo de andamiajes durante la ejecución de la tarea reconocieron con mayor frecuencia (21 vs. 5) el uso de estrategias cognitivas o metacognitivas para la solución de los problemas propuestos. Puede entonces pensarse, que al recibir andamiajes metacognitivos, los estudiantes lograron desarrollar el subproceso de auto-observación, en el cual según Bandura (1986), los estudiantes centran su atención y son capaces de desarrollar su planificación estratégica; así cuando los estudiantes pudieron ejecutar sus planes y además fueron capaces de realizar ajustes sobre estos gracias a los andamiajes que recibieron para los procesos de ejecución del plan y evaluación propuestos en el modelo para la solución de problemas de Polya (1973). Estos hallazgos confirman los encontrados por Lazakidou y Retails (2010) quienes obtuvieron resultados similares y concluyeron que ofrecer a los estudiantes un método sistemático para la solución de

problemas permite el desarrollo de habilidades metacognitivas como la organización de la información, el monitoreo y la evaluación del proceso antes de tomar la decisión final sobre el problema resuelto.

Del mismo modo, aquellas autoevaluaciones relacionadas con el uso de operaciones matemáticas fueron mayor en el grupo experimental que en el grupo control, aunque este último presentó un aumento para esta categoría en comparación con la frecuencia que se observó en el diseño del plan de trabajo. Esto puede significar, que las experiencias previas de los estudiantes les permiten comprender que para solucionar problemas matemáticos deben usar operaciones matemáticas. Sin embargo el uso de estas no logro constituirse, por los menos para el grupo control, una evolución del pensamiento declarativo al pensamiento funcional. Mientras que para el grupo experimental, al haber contemplado el uso de las operaciones también en el plan de trabajo, gracias al uso de los andamiajes metacognitivos dispuestos en el ambiente, puede considerarse la integración del conocimiento declarativo, procedimental y condicional lo que según Biggs (2006) se constituye en elemento fundamental para lograr la solución de problemas matemáticos. Aunque en este punto es fundamental recordar que los estudiantes del grupo experimental, mantuvieron un buen desempeño para las tareas de aprendizaje mientras estuvieron presentes los andamiajes.

Por último, para la fase de autorreflexión, al igual que en la fase de ejecución, los estudiantes del grupo control presentaron mayor frecuencia en las ideas difusas al momento de autoevaluar su proceso que aquellos estudiantes que recibieron el apoyo de los andamiajes metacognitivos, esto se puede explicar con los postulados de Molennar et al. (2011), pues según este autor los estudiantes requieren andamiajes para apoyar sus actividades metacognitivas y así mejorarla regulación de sus actividades, es por esto que aquellos estudiantes que no recibieron el apoyo de los andamiajes metacognitivos, presentaron dificultades en expresar exactamente qué proceso siguieron para encontrar la solución al problema que debían desarrollar.

Luego del análisis presentado para la hipótesis No. 2 se puede decir que efectivamente el uso de andamiajes metacognitivos favoreció procesos cognitivo, de conocimiento metacognitivo y de experiencia metacognitiva, lo cual redundo en el desempeño de las tareas de aprendizaje y en el logro de aprendizaje de aquellos estudiantes que recibieron este tipo de ayudas durante su trabajo.

## Conclusiones y Recomendaciones

Luego de realizar la intervención en el ambiente de aprendizaje y analizar los resultados obtenidos se puede concluir que tal como lo reporta la literatura especializada al respecto, el uso de andamiajes favorece el desempeño en las tareas de aprendizaje de los estudiantes. Ahora bien, estos andamiajes deben estar acordes con las necesidades de las tareas de aprendizaje y con las características de los estudiantes. Además el hecho que los andamiajes sean ofrecidos en ambientes de aprendizaje autorregulado, permite que los estudiantes usen estrategias cognitivas y metacognitivas que favorecen su comprensión, y por ende mejoran sus desempeños; sin embargo, al analizar los resultados del grupo control y contrastarlos con los resultados del grupo experimental, se puede concluir que no es suficiente con ofrecer un modelo de autorregulación del aprendizaje dentro de los sistemas de aprendizaje basados en el computador, estos ambientes deben estar optimizados por la presencia de andamiajes que favorezcan el desempeño de los estudiantes en el entorno de aprendizaje.

En relación con los objetivos planteados en esta investigación se puede concluir que no es posible establecer una diferencia significativa en el desempeño final para la solución de problemas matemáticos entre estudiantes que recibieron el apoyo de andamiajes metacognitivos y aquellos que no lo recibieron, en un ambiente de aprendizaje basado en el computador bajo la perspectiva de autorregulación. El análisis de este resultado permitió establecer que son varias las posibles causas. una de ellas puede ser la falta de aprehensión por parte de los estudiantes de las habilidades metacognitivas que favorecidas con los andamiajes por el tiempo de intervención o por la modalidad de entrega de los andamiajes; o que faltó tiempo en la etapa de entrenamiento, de manera tal, que permitiera asimilar la estrategia y consolidar el aprendizaje; sin embargo también se pudo concluir que aquellos estudiantes que durante la ejecución de sus tareas para la solución de problemas recibieron el apoyo de andamiajes metacognitivos mostraron mejores desempeños durante el desarrollo de las sesiones de trabajo, es decir, mientras los andamiajes estaban presentes, así que se podría concluir que el tiempo de la intervención con los andamiajes metacognitivos y el modo de entrega de estos pudieron haber tenido una influencia en el resultado final de los estudiantes.

Se abre camino entonces a futuras investigaciones en las cuales el tiempo de intervención con la población sea mayor, al mismo tiempo que el número de participantes, de

esta manera existirá un mayor número de datos susceptibles de ser medidos y comparados para poder comprobar o por el contrario descartar los resultados obtenidos en esta investigación. Del mismo modo es necesario profundizar en el tipo de andamiajes que se deben ofrecer a los estudiantes de primaria para mejorar sus desempeños y sobre todo la manera en la cual estos se ofrecen en ambientes de aprendizaje mediados por el computador pensando sobre todo en los principios de desvanecimiento y transferencia de responsabilidad, que como se explicó en esta investigación, pudieron haber sido las causantes de no encontrar una diferencia significativa en el logro de aprendizaje final entre los estudiantes que recibieron andamiajes frente a aquellos que no los recibieron.

Otra conclusión relevante de este estudio, permite establecer que aquellos procesos en los cuales los estudiantes requirieron mayor apoyo de los andamiajes para poder resolver con éxito sus tareas de aprendizaje, fueron los relacionados con la comprensión del problema y el diseño del plan de trabajo. Esta conclusión resulta valiosa en tanto permite establecer una visión general de los aspectos que deben tenerse en cuenta en el aula al momento de trabajar actividades en las que se involucren solución de problemas matemáticos, del mismo modo que permite dar luces de los elementos relevantes que se deben tener en cuenta al momento de diseñar y presentar andamiajes a los estudiantes para procesos relacionados con la solución de problemas matemáticos en ambientes computacionales.

De otro lado, el efecto que tuvo la implementación de andamiajes metacognitivos para la solución de problemas matemáticos, se relaciona directamente con el desarrollo de procesos de autorregulación que estos andamiajes generaron en los estudiantes que los recibieron. Esto quiere decir, que aquellos estudiantes que durante su trabajo en el ambiente computacional recibieron el apoyo de andamiajes mostraron mayores habilidades para planear, ejecutar, monitorear y evaluar su trabajo al usar tanto estrategias cognitivas y metacognitivas como elementos relacionados con el conocimiento declarativo, procedimental y condicional necesario para obtener éxito en la solución de problemas matemáticos. Aquellos estudiantes que accedieron a los andamiajes metacognitivos, además tuvieron más facilidad de expresar ideas claras y concretas en procesos claves con el diseño de un plan de trabajo y la autoevaluación. Así mismo se observó que en el grupo experimental los estudiantes iniciaron la transferencia de sus procesos de autorregulación al trabajo y la colaboración entre pares, pues en las tres últimas sesiones de trabajo, los investigadores pudieron observar de manera informal, que los estudiantes que terminaban con su trabajo, se dirigían hacia sus compañeros para ofrecerles ayuda en aquellos aspectos que en los que

posiblemente tenían alguna dificultad y/o para recordarles la importancia de usar los andamiajes para poder resolver el problema.

Esta conclusión permite sugerir que este estudio puede hacer parte de una serie de investigaciones en las cuales se puedan abordar con mayor profundidad elementos de autorregulación, corregulación y regulación socialmente compartida entre estudiantes de básica primaria, y determinar la manera en la cual se pueden fomentar estos procesos en el aula y analizar sus beneficios en el desempeño de los estudiantes y sobre el logro de aprendizaje.

Los resultados obtenidos, también permiten concluir que los ambientes de aprendizaje basados en el computador, diseñados bajo un modelo de autorregulación del aprendizaje para estudiantes de básica primaria, deben estar potenciados por el uso de andamiajes, pues estas herramientas facilitan a los estudiantes la comprensión y desarrollo de las tareas de aprendizaje.

## Bibliografía

Azevedo, R., & Hadwin, A. F. (2005). Scaffolding self-regulated learning and metacognition-implications for the desing of computer-based scaffolds. *Instructional Science* , 367-379.

Azevedo, R., Cromley, J. G., & Seibert, D. (2004). Does adaptive scaffolding facilitate students`ability to regulate their learning with hypermedia? *Contemporary Educational Psychology* , 344-370.

Biggs, J. (2006). *Calidad del aprendizaje universitario*. Madrid: Narcea.

Blummer, B., & Kenton, J. (2014). Problem solving and metacognition. En B. Blummer, & J. Kenton, *Improving students information search* (págs. 33-43). UK-USA: Chandons Publisihing.

Boekaerts, M. (1997). Self-regulated learning: a new concept embraced by researchers, policy makers, educators, teachers, and students. *Learning and instruction* , 191-186.

Boekaerts, M. (1999). Self-regulated learning: where we are today. *International Journal of education research* , 445-457.

Boekaerts, M., Pintrich, P. R., & Zeidner, M. (2000). *Handbook of self-regulation*. San Diego: Academic Press.

Boscan Mieles, M. M., & Klever Montero, K. L. (2012). Metodología basada en el método heurístico de Polya para el aprendizaje de la resolución de problemas matemáticos. *Escenarios* , 7-19.

Brady, M., Seli, H., & Rosenthal, J. (2013). "Clickers" and metacognition: A quasi-experimentak comparative study about metacognitive self-regulation and use of electronic feedback devices. *Computers & Education* , 56-63.

Broadbent, J., & Poon, W. (2015). Self-regulated learning strategies y academic achievement in online higher education learning enviroments: A systematic review. *Internet and Higher education* , 1-13.

Campbell, D. F., & Stanley, J. C. (2005). *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*. Buenos Aires: Amorrortu.

Caprioara, D. (2014). Problem solving - Purpose and means of learning mathematics in school. *Procedia-social and behavioral sciences* , 1859-1864.

Chen, C., & Bradshaw, A. (2014). The effect of web\_based questions propmts on Scaffolding knowledge integration and ill-structured problem solving. *Journal of Research on Technology in Education* , 359-375.

Chen, C.-H., & Bradshaw, A. C. (2014). The effect of web-based question prompts on scaffolding knowledge inmtegration and ill-structured problem solving. *Journal of research on technology in education* , 359-375.

Chen, C.-H., & Law, V. (2016). Scaffolding individual and collaborative game-based learning in learning performance and intrinsic motivation. *Computers in Human Behavior* , 1201-1212.

Chen, H.-C., Chang, C.-Y., Kao, T.-C., & Shih, K.-P. (2010). The developepment and implementation of scaffolding-Based self-regulated learning system for e/m-Learning. *Educational Technology & Society* , 80-93.

Cobb, R. (19 de Marzo de 2003). The relationship between self-regulated learning behaviors and academic performance in web-based courses. Blacksburg, Virginia.

Dabarera, C., Renandya, W. A., & Jun Zhang, L. (2014). The impact of metacognitive scaffolding and monitoring on reading comprehension. *System* , 462-473.

Delen, E., Liew, J., & Willson, V. (2014). Effects of interactivity and instructional scaffolding on learning: Self-regulation in online video-based environments. *Computers & Education* , 312-320.

Fahretdin, H. A., Seda, S., & Engin, A. (2015). Assessing preschool teacher' practices promote self-regulated learning. *International electronic journal of elementary education* , 423-440.

Greene, J. A., Mason Bolick, C., & Robertson, J. (2010). Fostering historical knowledge and thinking skills using hypermedia learning environments: The role of self-regulated learning. *Computers & Education* , 230-243.

Gros, B. (1997). *Pautas pedagógicas para la elaboración de software*. Barcelona: Ariel.

Hadwin, A., Järvelä, S., & Miller, M. (2011). Self-Regulated, Co-Regulated and Socially Shared Regulation of learning. En B. Zimmerman, & D. Schunk, *Handbook of self-regulation of learning and performance* (págs. 65-84). New York: Taylor & Francis Group.

Hannafin, M., Land, S., & Oliver, K. (1999). Instructional design theories and models. En C. Reigeluth, *Open Learning environments: Foundations, methods and models* (págs. 115-140). Mahwah: Lawrence Erlbaum.

Henning, J. R., Verhaegh, J., & Resing, W. (2011). Creatinf in individualised learning situation using scaffolding in a tangible electronic series completion task. *Educational & Child Psychology* , 85-100.

Holton, D., & Clarke, D. (2006). Scaffolding and metacognition. *International journal of mathematical education in science and technology* , 127-143.

Huang, H.-W., Wu, C.-W., & Chen, N.-S. (2012). The effectiveness of using procedural scaffoldings in a paper-plus-smartphone collaborative learning context. *Computers & Education* , 250-259.

Jonassen, D. H., & Grabowski, B. L. (1993). *Handbook of individual differences, learning, and instruction*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Kim, M. C., & Hannafin, M. (2011). Scaffolding problem solving in technology-enhanced learning environments (TELEs): Bridging and theory with practice. *Computers & Education* , 403-417.

Kramarski, B., & Zeichner, O. (2001). Using technology to enhance mathematical reasoning: Effects of feedback and self-regulation learning. *Education Media International* .

Lazakidou, G., & Retails, S. (2010). Using computer supported collaborative learning strategies for helping students acquire self-regulated problem-solving skills in mathematics. *Computers & Education* , 3-13.

Ling, C. S., Cheung, W. S., & Hew, K. F. (2010). Solving ill-structured problems in asynchronous online discussions: built-in scaffolds vs. no scaffolds. *Interactive Learning Environments* , 115-134.

Llera, A. A. (2000). *Heurística, hipótesis y demostración en matemáticas*. Ciudad de México: Universidad Autónoma de México.

López Vargas, O., Hederich Martínez, C., & Camargo Uribe, Á. (2012). Logro de aprendizaje en ambientes hipermediales: andamiaje autorregulador y estilo cognitivo. *Revista Latinoamericana de psicología* , 13-26.

Molenaar, I., Roda, C., Van Boxtel, C., & Sleegers, P. (2012). Dynamic scaffolding of socially regulated learning in a computed-based learning environment. *Computers & Education* , 515-523.

Molenaar, I., van Boxtel, C. A., & Sleegers, P. J. (2010). The effects of scaffolding metacognitive activities in small groups. *Computers and Human Behaviors* , 1727 - 1738.

Molenaar, I., van Boxtel, C. A., & Sleegers, P. J. (2011). Metacognitive scaffolding in an innovative learning arrangement. *Springer* , 785-803.

Mooij, T., Dijkstra, E. M., Walraven, A., & Kirschner, P. A. (2014). Towards optimal education including self-regulated learning in technology-enhanced preschool and primary schools. *European educational research journal* , 529-552.

Moos, D. C., & Azevedo, R. (2008). Monitoring, planning and self-efficacy during learning with hypermedia: The impact of conceptual scaffolds. *Computers in Human Behaviors* , 1686-1706.

Moos, D. C., & Azevedo, R. (2008). Self-regulated learning with hypermedia: The role of prior domain knowledge. *Contemporary educational psychology* , 270-298.

Núñez, J. C., Cerezo, R., Bernando, A., Rosario, P., Valle, A., Fernández, E., y otros. (2011). Implementaion of training programs in sefl-regulated learning strategies in Moodle format: Results of a experience in higher education. *psicothema* , 274-281.

Panadero, E., & Alonso-Tapia, J. (2014). Teorías de autorregulación educativa: una comparación y reflexión teórica. *Psicología Educativa* , 11-22.

Pea, R. (2004). The social and technological dimensions of scaffolding and related theoretical concepts for learning, education and human activity. *The journal of the learning sciences* , 423-451.

Perry, N. E., Hutchinson, L., & Thauberger, C. (2008). Talking about teaching self-regulated learning: Scaffolding student teachers- development and use of practices that promote self - regulated learning. *International Journal of Education Research* , 97-108.

Phonapichat, P., Wongwanich, S., & Sujiva, S. (2014). An analysis of elementary school students' difficulties in mathematical problem solving. *Procedia-social and behavioral sciences* , 3169-3174.

Phumeechanya, N., & Wannapiroon, P. (2014). Desing of problem-based with scaffolding learning activities in ubiquitous learning enviroment to develop problem-solving skills. *Procedia - social and behavioral sciences* , 4803 - 4808.

Pintrich, P. R., & De Groot, E. V. (1990). Motivational and Self-Regulated Learning Components of Classroom. *Journal of Educational Psychology* , 33-40.

Pintrich, P. R., Smith, D. A., García, T., & McKeachine, W. J. (1991). *A manual for the use of the motivated strategies for learning questionnaire (MSLQ)*. Michigan: Universidad de Michigan.

Pinzas, J. (2003). *Metacognición y lectura*. Lima: Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Polya, G. (1973). *How to Solve It*. New Jersey: Princeton University Press.

Puustinen, M., & Pulkkinen, L. (2001). Models of self-regulated learning: a review. *Scandinavian journal of Educational Research* , 269-283.

Rae Kim, Y., Park, M. S., Moore, T. J., & Varma, S. (2013). Multiple levels of metacognition and their elicitation through complex problem-solving task. *The journal of mathematical behavior* , 337-396.

Raes, A., Schellens, T., De Wever, B., & Vanderhoven, E. (2012). Scaffolding information problem solving in web based collaborative inquiry learning. *Computers & Education* , 82-94.

Renninger, A. K., & List, A. (2012). Scaffolding for learning. En N. M. See, *Encyclopedia of the sciences of learning* (págs. 2921-2924). Freiburg: Springer.

Rittle-Johnson, B., & Koedinger, K. R. (2005). Designing knowledge scaffolds to support mathematical problem solving. *Cognition and instruction* , 313-349.

Sharma, P., & Hannafin, M. J. (2007). Scaffolding in technology-enhanced learning environments. *Interactive learning environments* , 27-46.

Sharma, P., & Hannafin, M. (2005). Learner perception of scaffolding in supporting critical thinking. *Journal of computing in higher education* , 17-42.

Stachel, J., Marghitu, D., Brehim, T. B., Sims, R., Reynolds, L., & Czelusniak, V. (2013). Managing cognitive load in introductory programming courses: A cognitive aware scaffolding tool. *Journal of integrated design and process science* , 37-54.

Taub, M., Azevedo, R., Bouchet, F., & Khosravifar, B. (2014). Can the use of cognitive and metacognitive self-regulated learning strategies be predicted by learners' levels of prior Knowledge in hypermedia - learning environments? *Computers in Human Behavior* , 356-367.

Vandeveldel, S., Van Keer, H., & Rosseel, Y. (2013). Measuring the complexity or upper primary school children's self-regulated learning: A multi-component approach. *Contemporary Educational Psychology* , 407-425.

Vandeveldel, S., Vandebussche, L., & Van Keer, H. (2012). Stimulating self-regulated learning in primary education: Encouraging versus hampering factors for teachers. *Procedia Social and Behavioral Sciences* , 1562-1571.

Vázquez, S., & Daura, F. (2013). Auto-regulación del aprendizaje y rendimiento académico. *Estudios Pedagógicos* , 305-324.

Wickelgren, W. A. (2012). *How to solve Mathematical Problems*. New York: Dover Publications.

Winne, P., & Hadwin, A. (2010). Self-regulated learning and socio-cognitive theory. En P. Peterson, E. Baker, & B. McGraw, *International encyclopedia of education* (págs. 503-508). Elsevier.

Wood, D., Bruner, J., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology, psychiatry & Applied Disciplines* , 89-100.

Zimmerman, B. J. (1989). A social cognitive view of self-regulated academic learning. *Journal of educational psychology* , 329-339.

Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation a social cognitive perspective. En M. Broekaets, P. Pintrich, & M. Zeidner, *Handbook of self-regulation* (págs. 13-38). Orlando: Academic Prees.

Zimmerman, B. J., & Schunk, D. H. (2007). *Self-regulated Learning ans academic Achievement*. New York : Lawrence Erlbaum Group.

Zydney, J. M. (2012). Scaffolding. En N. M. See, *Encyclopedia of the sciences of learning* (págs. 2913-2916). Freiburg: Springer.

Zydney, J. M. (2010). The effect of multiple scaffolding tools on students´understanding, consideration of different perspectives, and misconceptions of a complex problem. *Computers & Education* , 360-37