

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN APLICADAS A LA
EDUCACIÓN

INCIDENCIA DE UN ANDAMIAJE MIXTO EN EL LOGRO DE APRENDIZAJE EN
ESTUDIANTES CON DIFERENTE ESTILO COGNITIVO

TESIS DE MAESTRÍA PRESENTADA POR

CRISTIAN ALEXIS FONSECA SÁNCHEZ

DIRIGIDA POR

VICTOR QUINTERO SUÁREZ

BOGOTÁ, 2021

Agradecimientos

En primera instancia agradezco a Dios por darme la oportunidad de continuar con mi proyecto de vida y permitirme superar todas las dificultades que a veces se nos presentan. Seguidamente agradezco a mi madre por acompañarme en un momento difícil en términos médicos y darme todo su apoyo.

Agradezco de forma fraterna a Fabricio Guzmán quien con su apoyo pude iniciar este proyecto académico y siempre estuvo pendiente de mi avance. Así mismo, a mi director de Tesis Víctor Quintero, quien estuvo pendiente en todas las fases del desarrollo del proyecto, al docente Nicolás García quien me compartió sugerencias de diseño para el ambiente computacional y para la aplicación de la prueba de estilos cognitivos.

Contenido

Introducción	1
Capítulo 1: El Problema.....	3
1.1 Necesidad de la Investigación y Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	9
1.3 Objetivos de la Investigación.....	9
1.3.1 General.....	9
1.3.2 Específicos	10
1.4 Alcances y Limitaciones de la Investigación.....	10
1.4.1 Alcances.....	10
1.4.2 Limitaciones.....	11
Capítulo 2: Antecedentes de la Investigación.....	12
2.1 Andamiajes Computacionales.....	12
2.2 Logro de Aprendizaje y Resolución de Problemas mediados por Ambientes Computacionales.....	28
2.3 Estilos Cognitivos en la dimensión Dependencia-Independencia de Campo (DIC)	33
Capítulo 3: Marco Teórico.....	37
3.1 Andamiajes Computacionales.....	37
3.2 Metacognición.....	40
3.3 Resolución de Problemas	43
3.3 Estilos Cognitivos	45
3.4 Estilo Cognitivo en la Dimensión Dependencia-Independencia de Campo (DIC).....	46
Capítulo 4: Metodología	51
4.1 Tipo de Investigación.....	51
4.2 Diseño de la Investigación	51
4.3 Población y Muestra	52
4.4 Variables	52
4.5 Análisis de datos	53
4.6 Hipótesis	53
4.7 Instrumentos.....	53
4.7.1 Prueba de Figuras Enmascaradas para determinar el Estilo Cognitivo (DIC).....	53
4.7.2 Prueba para medir Conocimientos Previos y Logro de Aprendizaje.....	54
4.7.3 Encuesta para organizar la Planeación del Aprendizaje	54

4.7.4 Encuesta sobre la Reflexión Final del Aprendizaje	54
4.8 Descripción del Ambiente Computacional	54
4.8 Descripción de los Andamiajes Computacionales	57
4.8.1 Andamiaje Metacognitivo.....	57
4.8.2 Andamiaje Procedimental	59
Capítulo 5: Resultados de la Investigación	62
5.1 Relación Lineal entre la Variable Dependiente y la Covariable.....	63
5.2 Homogeneidad de las Pendientes de Regresión.....	64
5.3 Resultados Generales del ANCOVA	65
5.4 Incidencia del Andamiaje Mixto sobre el Logro de Aprendizaje	66
5.4 Incidencia del Andamiaje Metacognitivo	67
Capítulo 6: Conclusiones de la Investigación	73
6.1 Discusión y Conclusiones	73
6.2 Limitaciones.....	78
Referencias.....	80
Apéndice A: Encuesta sobre Reflexión del aprendizaje	87

Lista de Tablas

Tabla 1	Clasificación de los andamiajes computacionales	39
Tabla 2	Etapas para la resolución de problemas según Polya (1989).....	44
Tabla 3	Tamaño de los grupos de la muestra de estudio en el diseño factorial 2*2	51
Tabla 4	Fases del andamiaje metacognitivo	57
Tabla 5	Descripción del andamiaje procedimental.....	60
Tabla 6	Asimetría y curtosis para las distribuciones entre las variables de estudio	62
Tabla 7	Coefficiente de Pearson entre la variable dependiente y la covariable.....	63
Tabla 8	Resultados del logro previo según estilo cognitivo de los estudiantes	64
Tabla 9	Resultados de la prueba de Levene.....	65
Tabla 10	Prueba de efectos inter-sujetos del ANCOVA	65
Tabla 11	Medias para el logro de aprendizaje en el modelo completo.....	67
Tabla 12	Logro de aprendizaje vs meta de aprendizaje, nivel de desempeño y estilo cognitivo	68
Tabla 13	Logro de aprendizaje vs tiempo de planificación y estilo cognitivo	69
Tabla 14	Logro de aprendizaje vs percepción frente a la meta de aprendizaje planeada	70
Tabla 15	Nivel de percepción frente al logro de aprendizaje obtenido	71
Tabla 16	Frecuencia del uso del andamiaje procedimental según estilo cognitivo	72

Lista de Figuras

Figura 1	Test del marco y la varilla (Rod and the Frame test, RFT)	47
Figura 2	Test de la habitación rotatoria (Rotating Room Test, RRT)	48
Figura 3	Menú de inicio del ambiente computacional con andamiaje mixto	55
Figura 4	Menú de inicio del ambiente computacional sin andamiaje.....	55
Figura 5	Menú de selección de las unidades de aprendizaje	56

Introducción

En los últimos años, la inclusión de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC) en los procesos de enseñanza aprendizaje se ha convertido en una necesidad, dado que han modificado las formas de aprender, de interactuar y de acceder al conocimiento. Este tipo de tecnologías por sí solas no suponen una estrategia efectiva debido a que presentan un volumen extenso de contenidos, de formato variado y, en algunas ocasiones irrelevante. Por otro lado, la instrucción educativa conductista, no prepara al aprendiz para seleccionar información, clasificarla, procesarla de forma autónoma teniendo en cuenta los objetivos de aprendizaje que se desean desarrollar. Adicionalmente, la educación parece presentarse en la mayoría de los casos de forma homogénea y ajena a las particularidades y necesidades de los estudiantes.

Por tal motivo, para focalizar los procesos educativos soportados por NTIC, se diseñó una herramienta de apoyo orientada al desarrollo habilidades metacognitivas como son la planeación y monitoreo de las actividades de aprendizaje y, al mismo centralizar la atención de los aprendices en aspectos clave relacionados con la resolución de problemas.

Por otro lado, con relación al contenido de este documento, en primera instancia se aborda el contexto del problema de investigación, su justificación y alcances, explicando algunos factores asociados a la dificultad que presentan los estudiantes al resolver situaciones problema.

En segunda instancia, se mencionan todos los antecedentes de investigación en orden cronológico que se relacionan con el problema y brindan pautas metodológicas.

En tercera instancia, se explican las consideraciones teóricas sobre las variables asociadas al estudio teniendo en cuenta su desarrollo histórico, características y categorías.

Seguidamente, en el cuarto capítulo, se abordan los criterios metodológicos aplicados durante la investigación, el diseño del ambiente computacional y sus respectivos andamiajes.

Posteriormente, se analizan los resultados, estableciendo relaciones de proporcionalidad y significancia entre las variables estudiadas.

Por último, se presentan las conclusiones del trabajo investigativo con sus respectivas recomendaciones.

Capítulo 1: El Problema

1.1 Necesidad de la Investigación y Planteamiento del Problema

En las ciencias experimentales, la resolución de situaciones problema se ha convertido en la estrategia capital que utilizan los docentes para enseñar el conocimiento declarativo (conceptos y teorías científicas), adelantar procesos de instrucción (conocimiento procedimental) y evidenciar el progreso de los estudiantes (evaluación).

De forma general, la enseñanza tradicional concibe la resolución de problemas como una actividad cuyo principal objetivo consiste en que el estudiante, estimando una serie de variables, alcance como meta la resolución correcta del problema (Perales, 1998) sin estimar el aprendizaje consciente de los subprocesos implicados. Sin embargo, a pesar de que esta estrategia es utilizada en gran parte de la vida escolar, un número considerable de aprendices, presentan serias dificultades para comprender y resolver situaciones problema. Por ejemplo, se evidencia que algunos educandos no entienden en su totalidad el enunciado de un problema lo que imposibilita identificar conceptos clave y establecer un plan de solución. Adicionalmente, algunos alumnos se muestran desmotivados al momento de resolver problemas debido a su extensión y complejidad. Así mismo, se evidencia una renuencia por parte de los docentes de contextualizar las situaciones problema acompañada del exagerado tiempo dedicado al aprendizaje memorístico de fórmulas excluyendo los principios que determinan su correcta solución (Pronapichat, Wongwanich , & Sujiva , 2014). Por otra parte, los estudiantes carecen de habilidades de planificación ya que utilizan procesos inadecuados y por lo general establecen conclusiones irrelevantes (Mulbar , Rahman , & Ahmar , 2017).

Por otro lado, estudios sugieren que la resolución de problemas por parte de un individuo depende de la combinación de tres factores: (1) conocimiento declarativo sobre la materia, (2) la heurística que permita lograr una correcta solución y, (3) un componente actitudinal frente a la tarea de estudio (Jonassen, 2000). Respecto al conocimiento declarativo, un bajo dominio en lenguaje científico puede generar confusiones al momento de extraer elementos de un problema. Por ejemplo, Pronapichat, Wongwanich y Sujiva , 2014, mencionan que cuando los estudiantes no logra determinar los conceptos clave de un problema no son capaces de expresar los datos con símbolos y por ende determinan una solución incorrecta. Este hecho también puede presentarse al momento de transformar las representaciones simbólicas relacionadas en la resolución de problemas dado que no se tiene claridad en la relaciones de proporcionalidad entre las variables. Al respecto, Chong (2016) menciona que uno de las dificultades más comunes que se presentan al abordar el tema de concentración de soluciones deriva en la incapacidad que tienen los estudiantes de reconocer el concepto de igualdad lo que genera una inadecuada sustitución de los valores en los fórmulas trabajadas.

Por otra parte, también es importante mencionar que en la resolución de problemas intervienen procesos y características intrínsecas del sujeto entre las que se mencionan la cognición, la metacognición y el estilo cognitivo. Con relación a la primera, la literatura sugiere la necesidad de desarrollar además del conocimiento declarativo y procedimental, el conocimiento esquemático pertinente para planificar e implementar las estrategias adecuadas al momento de procesar la información. Lo anterior explica las diferencias en el éxito de resolución entre novatos y expertos, ya que estos últimos procesan la información a un nivel más profundo prestando mayor atención al conocimiento procedimental y estableciendo una coherencia interna con el conocimiento esquemático (Portolés & San José , 2008).

En segunda instancia, para tareas cuya ejecución tenga como requisito la activación de los dispositivos intelectuales del aprendiz, quien debe responsabilizarse de la construcción de su aprendizaje, resulta imprescindible poner en juego procesos superiores de pensamiento entre los que se destaca la metacognición (González, 2009). Esta ha sido asociada con el aprendizaje profundo de procesos y con la transición hacia una mayor autonomía en el aprendizaje ya que incluye aspectos relacionados con la planeación, el monitoreo y la evaluación de los procesos cognitivos (Ureña & Cooper, 2010). Sus beneficios en el aprendizaje de la resolución de problemas han sido registrados en diferentes investigaciones. Así, por ejemplo, permite que el estudiante regule su proceso de aprendizaje (Parolo, Barbieri, & Chrobak, 2004), mejora la representación mental y la selección de estrategias de solución (Vásquez, Espiñeira, & López, 2017) y, ejerce un control consciente de los recursos cognitivos proporcionando experiencia metacognitiva, la cual es necesaria para fortalecer el conocimiento procedimental y estratégico.

En tercera instancia, como el éxito en la resolución de problemas está vinculada con la forma en la que se procesa la información, es menester, citar al estilo cognitivo. En su expresión cognitiva, esta dimensión consiste en la tendencia de algunas personas a fragmentar y asignarle una estructura propia a la información disponible para realizar una tarea o resolver un problema (Hederich & Camargo, 2000). Su papel en los procesos de enseñanza-aprendizaje han sido estudiados desde la dimensión dependencia-independencia de campo. Así, por ejemplo, tiene un efecto diferencial en la resolución de problemas, donde los independientes de campo presentan mejores desempeños en la mayoría de las asignaturas escolares, con especial énfasis en tareas relacionadas con matemáticas y ciencias (Witkin & Goodenough, 1981; Hederich & Camargo, 2000). Es posible explicar este desempeño debido a la facilidad para operar, organizar, clasificar y almacenar la información de forma más estructurada por parte de los independientes en

contraste con los dependientes de campo que tienden a ser más globales (López, Hederich, & Camargo, 2011).

Todavía cabe señalar que, la educación tradicional parece beneficiar mediante sus procesos de instrucción a los independientes de campo, dado su alto nivel de percepción de autoeficacia y autonomía en comparación con los dependientes de campo. Simultáneamente, frente a los métodos de evaluación, es importante considerar el sesgo que algunos tipos de exámenes producen en los estudiantes con un estilo cognitivo particular, distorsionando la apreciación realista de los conocimientos adquiridos y quizás interfiriendo con su aprendizaje (Tinajero, Castelo, Guisande, & Páramo, 2011).

Es importante señalar que, para superar las diferencias entre los solucionadores de problemas con diferente estilo cognitivo vinculando procesos de metacognición, en las últimas décadas se ha propuesto desde la investigación educativa, la utilización de ambientes computacionales soportados en las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (NTIC). Cabe señalar que, este tipo de herramientas se han convertido en un medio indispensable que permite reforzar los sistemas educativos, la difusión de conocimientos, el acceso a la información, generando un aprendizaje efectivo, inclusivo y de calidad (UNESCO, 2015). De esta forma, las NTIC suponen una solución tecnológica que disminuye las diferencias individuales entre los solucionadores de problemas y mejoran los procesos de aprendizaje a nivel general.

Así mismo, todavía cabe señalar otras bondades de las NTICS, entre las que se encuentran: (1) facilitan la comprensión y el ritmo del aprendizaje de los contenidos, (2) permite el trabajo colaborativo, (3) puede aumentar la autonomía de los estudiantes y, (4) proporcionan nuevos recursos educativos que incrementan la satisfacción, motivación y autoestima del docente

(Domingo & Fuentes, 2010). También, permiten un alto grado de interdisciplinariedad en el desarrollo de los contenidos, contribuyen a la alfabetización informática y audiovisual, ayudan al desarrollo de toma de decisiones al exigir la puesta en práctica de técnicas de selección y valoración de información y finalmente, permiten una comprensión óptima de conceptos mediante la simulación de variables (Palomar, 2009).

Sin embargo, el uso de las NTIC en educación también representa algunas desventajas. Por ejemplo, la facilidad de navegar por diferentes espacios de internet puede inclinar al estudiante a desviarse de los objetivos de aprendizaje y en consecuencia a perder tiempo en actividades de ocio como los juegos en línea. Por otro lado, el exagerado volumen de información, mucha de la cual no es fiable supone destinar demasiado tiempo a su selección y validación. Más aún, la libre interacción con estos materiales no siempre es de calidad por lo que puede ocasionar aprendizajes incompletos y, en consecuencia, la continua interacción con el ordenador puede generar ansiedad, adicción y cansancio visual en los estudiantes (Palomar, 2009). Como resultado, dada la no linealidad del aprendizaje basado en NTIC, dar tanta libertad, en especial a aprendices dependientes de campo, puede causar algunos problemas como desorientación, descontrol, y sobrecarga cognitiva (Alomyan, 2004). Por tal motivo, es necesario desarrollar estrategias de apoyo para este tipo de estudiantes y más cuando se trabaja con entornos computacionales, los cuales exigen de los estudiantes, características como iniciativa, liderazgo y autonomía (Martínez, Sanabria , & López, 2016).

No obstante, la literatura sugiere que, una solución efectiva para el contexto anterior es otorgar a los estudiantes una ayuda adicional cuando se interactúa con entornos computacionales dado que, por sí solos no representan una estrategia efectiva en educación. Así, se introduce el concepto de andamiaje educativo, el cual se define como el apoyo social que un profesor da a sus

estudiantes, para que estos logren desarrollar, de forma exitosa, una tarea compleja (Hederich, Camargo, & López, 2015). Conviene subrayar que, cuando esta herramienta se traslada a ambientes soportados en NTIC, se habla entonces de andamiaje computacional. Además, su efectividad ha sido ampliamente estudiada para desarrollar y fortalecer diferentes habilidades de naturaleza educativa. Por ejemplo, mejoran la motivación intrínseca, la percepción de autoeficacia y la capacidad metacognitiva (Valencia, 2018), optimizan el logro de aprendizaje cuando se aprenden contenidos de matemáticas (López & Valencia, 2012; López, Hederich, & Camargo, 2012; López, Sanabria, & Sanabria, 2014; López & Triana, 2013) y favorecen el desarrollo del aprendizaje autónomo y sus habilidades (Botía, 2016). En resumen, los estudiantes que reciben andamiajes computacionales logran mejores niveles de comprensión y tienen la facilidad de regular su aprendizaje mediante el uso de procesos de autorregulación como la planificación y el monitoreo (Párraga & Toro, 2016), mejoran su reflexión frente a las actividades académicas mediante la metacognición (Paz, 2011) ya que esta regula y gestiona las operaciones cognitivas proporcionando experiencia metacognitiva en contexto.

Finalmente, partiendo del contexto mencionado anteriormente y con el fin de garantizar procesos educativos equitativos y eficientes, se pretende medir el logro de aprendizaje en estudiantes de diferente estilo cognitivo cuando aprenden contenidos de soluciones químicas. Así mismo, los aprendices deberán interactuar en un ambiente computacional que incorpora un andamiaje mixto el cual presenta dos enfoques: el primero de tipo metacognitivo, orientado a la planificación y monitoreo de las actividades de aprendizaje y el segundo de tipo procedimental, encaminado al desarrollo de estrategias efectivas en la resolución de problemas utilizando la heurística propuesta por Polya en 1989. Ambos andamiajes concentran su atención en la planificación del proceso de aprendizaje donde, el andamiaje metacognitivo mediante el modelo

de Hadwin & Winne (2001), orientan al estudiante a estructurar un plan de desarrollo partiendo de sus expectativas de aprendizaje, generando procesos de monitoreo conforme se avanza en las actividades, mientras que el andamiaje procedimental basado en el método de Polya (1989), induce al aprendiz a enfocar su atención en la determinación de los elementos clave para resolver un problema, reduciendo la dificultad de la tarea de estudio generando una retroalimentación de los subprocesos aplicados.

1.2 Formulación del Problema

Presentado el contexto sobre la resolución de problemas, esta investigación pretende abordar las siguientes preguntas:

¿Cuál es el efecto de un andamiaje mixto (metacognitivo y procedimental) sobre el logro de aprendizaje en estudiantes de educación media que interactúan en un entorno computacional para resolver problemas sobre soluciones químicas?

¿Existen diferencias significativas en el logro de aprendizaje entre estudiantes de diferente estilo cognitivo cuando interactúan en un entorno computacional para resolver problemas de soluciones químicas?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 General

Estudiar el efecto de un andamiaje mixto sobre el logro de aprendizaje de estudiantes de diferente estilo cognitivo que resuelven problemas de soluciones químicas en un entorno computacional.

1.3.2 Específicos

1. Diseñar e implementar un entorno computacional que incorpora un andamiaje mixto (procedimental y metacognitivo) como apoyo al logro de aprendizaje en estudiantes de educación media académica.
2. Determinar la efectividad del andamiaje mixto sobre el logro de aprendizaje de estudiantes de educación media cuando resuelve problemas de soluciones químicas.
3. Evaluar la incidencia del estilo cognitivo de los estudiantes en la dimensión dependencia-independencia de campo sobre los resultados obtenidos en el logro de aprendizaje.

1.4 Alcances y Limitaciones de la Investigación

1.4.1 Alcances

Para esta investigación se diseñó e implementó un ambiente computacional que incorporaba un andamiaje mixto (metacognitivo y procedimental) con el fin de evaluar el logro de aprendizaje en estudiantes de diferente estilo cognitivo. Adicionalmente, el logro de aprendizaje fue medido como la capacidad de solucionar un determinado número de problemas sobre tres unidades del tema de “soluciones químicas” aplicando sus conceptos relacionados. Sin embargo, dado que el éxito de la resolución de problemas en las ciencias exactas requiere de habilidades cognitivas y metacognitivas, se analizó la incidencia del andamiaje mixto sobre el logro de aprendizaje de los estudiantes. También, es importante detallar que esta incidencia se evaluó teniendo en cuenta las diferencias individuales de los participantes según su estilo cognitivo bajo la dimensión dependencia-independencia de campo. En resumen, se analizó si el andamiaje

benefició de forma equitativa a los estilos cognitivos considerados o presentó una mayor incidencia en alguno en particular.

1.4.2 Limitaciones

Esta investigación presentó las siguientes limitaciones:

En primera instancia, se aplicó un diseño cuasiexperimental con la utilización de una prueba aplicada en dos momentos, al inicio (logro previo) y al final (logro de aprendizaje).

Adicionalmente, la muestra estuvo conformada por 53 participantes lo que generó una distribución que incluyera únicamente las categorías independientes/dependientes de campo dado que, al no excluir la categoría intermedios se generaban grupos de estudio muy pequeños (por ejemplo, conformados por 7 alumnos). Estas condiciones pudieron generar efectos en la significancia de los resultados reportados.

En segunda instancia, la prueba de figuras enmascaradas se aplicó de forma totalmente virtual lo que pudo generar impactos en la determinación del estilo cognitivo dado que, por ejemplo, al momento de identificar una figura que aparece por pantalla y más desde un dispositivo móvil no es igual que al visualizarla en un papel impreso.

En tercera instancia, durante el procesamiento de la encuesta de planeación, se eliminaron las preguntas orientadas hacia la indagación de las preferencias de estudio de los aprendices, dado que al evaluar su fiabilidad disminuían la escala del coeficiente de Alpha Cronbach, posiblemente porque eran preguntas que no estaban relacionadas con la planeación del aprendizaje.

En cuarta instancia, aspectos como la conectividad de los estudiantes generó una incidencia en la continuidad de la presentación de las actividades.

Capítulo 2: Antecedentes de la Investigación

2.1 Andamiajes Computacionales

Diversos estudios relacionados con la implementación de andamiajes computacionales en ambientes virtuales de aprendizaje han permitido establecer su efectividad en variables como: logro de aprendizaje, procesos metacognitivos, autoeficacia y autorregulación del aprendizaje por parte de los estudiantes.

En primera instancia se puede mencionar a Azevedo, Cromley, Winters y Moos (2004) quienes investigaron la eficacia diferencial de tres modalidades de andamiaje en la capacidad de facilitar el aprendizaje autorregulado. Se utilizó una muestra de 66 participantes de pregrado (56 mujeres y 10 hombres), con un promedio de edad de 22 años ($SD = 4,9$). Por otro lado, se implementó un ambiente hipermedial que presentaba tres modalidades: (1) sin andamiaje [NS], (2) con andamiaje fijo [FS] y (3) con andamiaje adaptativo [AS] que abarcaba cinco procesos: planificación, monitoreo, conocimiento de las estrategias, manejo de dificultades y evaluación. Para evaluar el desempeño de los estudiantes en su proceso de aprendizaje sobre el sistema circulatorio, se emplearon los siguientes parámetros: construcción de modelos mentales, tareas de emparejamiento y etiquetado y la elaboración de un diagrama de flujo sanguíneo.

Como resultado se registró que tanto las condiciones AS como las de las NS facilitaron el cambio en los modelos mentales de los estudiantes significativamente más que la condición del FS. Por otra parte, la condición AS presentó una media mayor en el pos-test para las tareas de etiquetado y diagrama de flujo sanguíneo. Adicionalmente, no se registraron efectos diferenciales en la tarea de emparejamiento. En conclusión, a pesar de los cambios significativos en sus modelos mentales, los participantes en la condición AS regularon su aprendizaje

activando conocimientos previos, monitoreando sus actividades cognitivas, utilizando varias estrategias efectivas y participando en la búsqueda de ayuda adaptativa, mientras que aquellos en la condición NS utilizaron varias estrategias ineficaces para regular su aprendizaje. En comparación, los estudiantes en la condición FS fueron menos eficaces en la regulación de su aprendizaje y mostraron una gran variabilidad durante la actividad de construcción del conocimiento.

Luego, Azevedo, Cromley, Winters, Moos, Levin y Fried (2004) investigaron la eficacia de tres tipos de andamiaje sobre la capacidad de aprender acerca del sistema circulatorio en estudiantes universitarios, de escuela media y secundaria. Para este estudio se utilizó una muestra de 179 participantes que incluyó 58 pertenecientes al grado séptimo (M edad = 12,3 años), 53 de grado décimo (M edad = 15,5 años) y 68 estudiantes de pregrado (M edad = 21,8 años). La mayoría de los aprendices demostraron un conocimiento promedio o bajo de la biología y el sistema circulatorio.

En cuanto a la metodología, se aplicó un diseño factorial con las siguientes condiciones: (1) tipo de andamiajes: (a) andamiaje adaptativo (AS) que incluye estrategias de aprendizaje autorregulado, (b) fijo (FS), a los estudiantes se les dio el mismo objetivo general de aprendizaje y una lista de diez preguntas específicas del dominio y (c) sin andamios (NS) con un mismo objetivo general de aprendizaje; (2) nivel de desarrollo: Universitario, preparatoria y secundaria. Adicionalmente, se utilizaron como covariables el pre-test que incluye cuatro tareas (modelo mental, tarea coincidente, tarea de etiquetado y diagrama de flujo sanguíneo).

En síntesis, se demostró que los estudiantes que interactuaron bajo la modalidad AS presentaron mejores resultados en el post test para las cuatro tareas solicitadas en comparación a

las otras dos condiciones de andamiaje. También se evidenció que los estudiantes bajo la condición de andamiaje fijo presentaron las puntuaciones más bajas en las tareas del modelo mental, coincidencia y etiquetado del pos-test. En conclusión, los andamiajes adaptativos condujeron a aumentos significativos en el aprendizaje de los estudiantes sobre el sistema circulatorio en comparación a las modalidades FS y NS. Este efecto sobre el aprendizaje fue independiente del nivel de desarrollo de los estudiantes. Entonces, se supone que la clave en el andamiaje adaptativo es la capacidad del tutor para regular el aprendizaje de cada estudiante mediante la implementación de varios procesos y mecanismos clave como la planificación, monitoreo, promulgación de estrategias efectivas, el manejo de las dificultades y demandas de las tareas.

Después, Azevedo, Cromley, Winters, Moos, y Greene (2006) examinaron la eficacia de dos condiciones de andamiaje sobre la capacidad de los estudiantes para regular su aprendizaje de temas científicos complejos y desafiantes con hipermedia con el fin de facilitar cambios cualitativos en sus modelos mentales. En esta investigación se utilizaron dos modalidades; (1) aprendizaje autorregulado y (2) aprendizaje regulado externamente.

Conforme a lo anterior, los resultados demostraron que el aprendizaje mediado por entornos hipermediales puede facilitarse si un humano proporciona contenido adaptativo y andamios de proceso diseñados para regular el aprendizaje. Por el contrario, proporcionar a los estudiantes andamios fijos (es decir, una lista de sub-metas específicas del dominio) o ningún andamiaje tiende a conducir a cambios más pequeños en los modelos mentales y menores ganancias en el conocimiento declarativo. Por otra parte, la utilización de protocolos verbales permite la implementación de procesos clave de aprendizaje autorregulado lo que sugiere cambios de modelo mental y ganancias en el conocimiento declarativo.

A continuación, Acevedo, Moos y Greene (2007) examinaron la eficacia de tres condiciones de andamiaje sobre el aprendizaje autorregulado de los participantes al aprender contenidos sobre el sistema circulatorio en un ambiente hipermedial. Dicho ambiente presentaba las siguientes condiciones: (1) contenido adaptativo y andamios de proceso [ACPS], (2) andamios de procesos adaptativos [APS] y (3) no andamios [NS]. Para el estudio se utilizó una muestra de 93 estudiantes con un promedio de edad de 13,7 años. Con estas condiciones, los resultados mostraron que los estudiantes bajo la condición ACPS utilizaron significativamente una proporción mayor de procesos de planificación en comparación a los estudiantes en condición NS y este efecto fue mayor en el nivel de educación media. Por otro lado, los estudiantes en la condición ACPS mostraron una mayor proporción en procesos de monitoreo frente a las condiciones APS y NS sin efecto diferencial en el nivel de desarrollo. Adicionalmente no se registraron diferencias significativas en el pensamiento estratégico tanto para las condiciones del entorno como para los niveles de desarrollo. Finalmente, se observó un efecto diferencial en la dificultad y exigencia de las tareas, donde la condición NS obtuvo los mejores puntajes. De lo anterior se concluye que los protocolos verbales de la condición ACPS induce a los estudiantes a utilizar en mayor proporción procesos de planificación y monitoreo en el aprendizaje conceptual del sistema circulatorio mediado por un entorno hipermedial.

Por otra parte, Doering y Veletsianos (2007) analizaron el efecto de un entorno computacional multiandamiaje sobre la resolución de una tarea auténtica y la carga cognitiva de 50 participantes. Para evaluar el desempeño de los estudiantes en el entorno computacional, se recopilaron discretamente los siguientes datos: (1) la cantidad de veces que accedieron a cada andamio, (2) la cantidad de tiempo durante el cual accedieron a cada andamio y (3) el orden en que accedieron a cada andamio. Además, la capacidad para medir la resolución de problemas se

realizó mediante una prueba de preguntas abiertas con su respectiva justificación. Por otro lado, los datos cuantitativos revelaron que el tiempo gastado en el andamiaje que incorporaba un video de captura de pantalla estaba relacionado positiva y significativamente con la capacidad de resolución de problemas ya que proporcionaba información procedimental sobre la tarea solicitada.

Desde otra perspectiva, Molenaar, Van Boxtel y Sleegers (2009) evaluaron los efectos de dos formas diferentes de andamios (estructuración frente a problematización) en los resultados de aprendizaje de 156 estudiantes colaboradores organizados en triadas. Adicionalmente, las triadas se asignaron aleatoriamente a los siguientes grupos: (1) Sin andamios, (2) andamios de estructuración y (3) andamios de problematización. En síntesis, los andamios de estructuración simplificaron la tarea de aprendizaje al mostrar un esquema mental con elementos aclaratorios de la tarea de aprendizaje mientras que los andamios de estructuración aumentaron su complejidad al solicitar a los aprendices establecer su propio esquema mental con los componentes subyacentes del tema de estudio. Por otra parte, la tarea de aprendizaje consistió en consultar sobre 2 países (nueva Zelanda e Islandia) y a partir de esa información decidir en cuál de los dos le gustaría vivir. Como resultado, se registró que el andamiaje metacognitivo en las triadas no tuvo ningún efecto significativo en el rendimiento del grupo ni en los conocimientos de dominio adquiridos por los estudiantes. También, se encontró un pequeño efecto positivo significativo de andamios dinámicos en los conocimientos metacognitivos adquiridos por los estudiantes en especial bajo la modalidad de andamiaje de problematización.

Igualmente, Molenaar Ming, Sleegers y Van Boxtel (2011) examinaron la efectividad de dos tipos de andamiajes en el dominio de los estudiantes y su conocimiento metacognitivo en un entorno hipermedial colaborativo. Durante el estudio, se utilizó una muestra de 156 participantes

organizados en triadas según su nivel de desempeño en habilidades lingüísticas (bajo, medio, alto) donde cada triada agrupaba un estudiante para cada nivel con el fin de garantizar la heterogeneidad. Adicionalmente, las triadas se asignaron aleatoriamente a 3 condiciones experimentales: (1) sin andamiaje, (2) andamiaje de estructuración y (3) andamiaje de problematización. De forma general, la tarea de aprendizaje consistió en explorar un país de elección (Nueva Zelanda o Islandia), escribir un documento sobre sus hallazgos y decidir si les gustaría vivir en ese país. A su vez, las triadas trabajaban en una computadora y tenían acceso a un experto, es decir, un habitante del país el cual suministraba información sobre diferentes temas. Por otra parte, en la condición de estructuración, el avatar mostró ejemplos contextualmente adecuados de actividades metacognitivas, mientras que en la condición de problematización planteaba preguntas para provocar actividades metacognitivas. Como resultado, se registró que las dos modalidades de andamiajes (estructuración y problematización) se asociaron con puntuaciones más altas en la prueba de conocimiento metacognitivo. Sin embargo, los andamiajes de problematización estuvieron vinculados a un mayor conocimiento del dominio frente la modalidad de estructuración que no tuvo un efecto significativo. Además, el análisis del discurso sugiere que la modalidad de estructuración animó a los estudiantes a discutir la aplicación del ejemplo, mientras que la de problematización estimuló a los estudiantes a construir actividades metacognitivas en interacción con los miembros de su triada. Por lo tanto, se concluyó que el andamiaje de estructuración podría fomentar actividades metacognitivas activas en los estudiantes, mientras que los andamiajes de problematización podrían desencadenar actividades más constructivas incrustadas en la interacción intensiva.

Por otro lado, Behnahg, Khrezi y Acevedo (2011) investigaron los efectos de un entorno de aprendizaje hipermedia multiagente, MetaTutor, sobre la exactitud de los juicios metacognitivos

de los estudiantes durante su aprendizaje del sistema circulatorio humano. En cuanto a los juicios metacognitivos estudiados se agruparon en dos categorías: juicios del aprendizaje (JOL) y sentimientos sobre el conocimiento (FOK).

Adicionalmente, 83 participantes fueron asignados aleatoriamente a una de las tres condiciones: Prompt and Feedback (PF), Prompt Only (PO) y Control. La condición PF recibió indicaciones oportunas de los agentes pedagógicos en el entorno de aprendizaje para utilizar diferentes procesos SRL (Self-regulated learning) y recibió comentarios sobre su desempeño en el despliegue de los procesos metacognitivos. La condición PO recibió las mismas indicaciones, pero no se proporcionaron comentarios sobre su rendimiento. Por último, el grupo de control no recibió indicaciones y fueron libres de aprender sin la ayuda de los agentes en MetaTutor.

En relación con los resultados, se registró mejores puntajes en la eficiencia del aprendizaje por parte del grupo PF en comparación a los grupos PO y control. Por otro lado, se evidenció que el grupo de control registró un tiempo total de aprendizaje más largo en contraste con las condiciones PO y PF. Estos hallazgos indican que el agente receptor al solicitar implementar procesos de SRL y recibir retroalimentación adaptativa posterior mejora el aprendizaje, como lo indican las puntuaciones de eficiencia. Con relación a la exactitud de los juicios metacognitivos, se registró una correlación significativa entre las sentencias JOL y el rendimiento tanto en las condiciones de PO como PF, es decir, que cuando los estudiantes están expuestos a retroalimentaciones sobre el rendimiento mejora sus juicios de confianza. Con respecto a la exactitud de los FOK, los participantes fueron aún menos precisos en comparación con cuando hicieron juicios de su aprendizaje.

Posteriormente López, Hederich y Camargo (2012) analizaron el efecto de un andamiaje autorregulador (metacognitivo) dispuesto en un ambiente hipermedial sobre el logro de aprendizaje. Dicho ambiente le permitía al estudiante controlar el grado de comprensión de los contenidos mediante la formulación de preguntas metacognitivas distribuidas a lo largo de cada unidad de formación. Por otra parte, se utilizó una muestra de 128 estudiantes de diferente estilo cognitivo y un rango de edad entre los 14 y 19 años quienes interactuaron en un ambiente computacional enfocado a la resolución de problemas sobre transformaciones geométricas en el plano. Así mismo, se aplicó un diseño cuasiexperimental con un arreglo factorial $2 \times 3 \times 3$ el cual incluyó las siguientes condiciones: (1) la presencia o ausencia en el software de un andamiaje para fomentar el aprendizaje autorregulado; (2) la interacción con el software en solitario o en parejas y (3) el estilo cognitivo con tres valores, independientes, intermedios y dependientes de campo. En cada condición, se examinó la interacción entre la variable logro de aprendizaje, trabajo con el software y estilo cognitivo de los estudiantes aplicando un análisis factorial de covarianza (ANCOVA).

En resumen, los resultados señalan que la presencia del andamiaje, el estilo cognitivo de independencia de campo y el trabajo en solitario provocaron efectos significativos y positivos sobre el logro de aprendizaje. Así mismo, la presencia del andamiaje autorregulador facilitó el desarrollo de habilidades metacognitivas orientadas a la supervisión y ajuste del aprendizaje. También, guío y dirigió la atención de los aprendices hacia el monitoreo y control de su proceso de aprendizaje, lo cual benefició a los estudiantes dependientes de campo quienes ajustaron sus estrategias de estudio y su motivación en función de la meta de aprendizaje que se habían propuesto.

En esa misma línea, López, Sanabria y Sanabria (2014) investigaron el efecto de un ambiente computacional que incorporó un módulo para activar la autoeficacia académica sobre la fijación de metas, el desarrollo de la eficacia personal y el logro de aprendizaje en estudiantes de primaria. En relación con la experimentación, se evaluó la interacción de estas variables con el estilo cognitivo en la dimensión dependencia-independencia de campo (DIC) mediante un análisis multivariado (MANCOVA). Así mismo, en el estudio se utilizó una investigación de tipo experimental, con una población conformada por 50 participantes (29 hombres, 21 mujeres), pertenecientes al grado quinto de primaria de una institución pública, con un rango de edad de entre los 9 y 13 años ($M= 10,62$ y $SD=1,141$). Por otro lado, en la recolección de datos se utilizaron los siguientes instrumentos: (1) El test de figuras enmascaradas para determinar el estilo cognitivo; (2) Una evaluación individual aplicada mediante el software para valorar el logro de aprendizaje y, (3) El cuestionario de autorreporte MSLQ (Motivated Strategies for Learning Questionnaire) desarrollado por Pintrich, Smith, García & McKeachie en 1991.

Respecto al establecimiento de las metas de aprendizaje, los resultados evidenciaron que cuando los estudiantes trabajan en parejas se proponen metas más altas, dado que el aprendizaje colaborativo favorece la co-construcción del conocimiento, la co-regulación y la resolución de problemas complejos. Además, los estudiantes independientes de campo se formulan metas más exigentes que sus compañeros dependientes de campo, probablemente debido a la confianza que tienen en sus propias habilidades. Por otra parte, se comprobó que tanto la dimensión social del aprendizaje como el estilo cognitivo no afectan el logro de aprendizaje final y la autoeficacia de los estudiantes con diferente estilo cognitivo.

Adicionalmente, en el logro de aprendizaje individual no se registraron diferencias significativas entre los estudiantes de diferente estilo cognitivo dada la presencia del módulo

activador de la autoeficacia embebido en el software. En cuanto a la autoeficacia, no se registraron diferencias significativas entre los estudiantes que interactuaron de forma individual y en parejas.

En conclusión, a partir de estos estudios, los autores proponen la importancia de identificar, además del estilo cognitivo del estudiante, su estilo de aprendizaje, con objeto de diseñar escenarios computacionales que respeten las diferencias individuales de los mismos, y de esta forma fomentar mayor autonomía en los aprendices a la hora de abordar el proceso de aprendizaje, tema de investigación que estaría acorde con los objetivos de la utilidad de las tecnologías informáticas en la educación.

A su vez, Taub, Azevedo, Bouchet y Khosravifar (2014) examinaron el conocimiento previo de 112 participantes con el fin de determinar si éste influyó en la forma cómo se implementaron las estrategias cognitivas y metacognitivas de SRL mientras interactuaban con un MetaTutor, un entorno de aprendizaje hipermedial multiagente enfocado al aprendizaje del sistema circulatorio humano. Desde el punto de vista metodológico, se utilizó un diseño cuasi-experimental con dos grupos conformados según su puntaje en la prueba de conocimientos previos: (1) Conocimiento previo bajo LPK (n=56) y Conocimiento previo alto HPK (n=56). Por otra parte, El Metatutor contenía los siguientes agentes pedagógicos: Gavin (guía a los participantes en cómo utilizar el ambiente computacional), Pam (ayuda en la planificación, creación de submetas y activación del conocimiento previo), Mary (ayuda en proceso de monitoreo (MPTG, seguimiento al progreso de las metas; CE, evaluación de contenidos; FOK sentimiento del conocimiento; JOL juicio del aprendizaje) y Sam (ayuda a crear síntesis de los contenidos y otras estrategias efectivas).

Frente a los resultados, no se registraron diferencias significativas en el uso de estrategias cognitivas por parte de los dos grupos. Por otra parte, se registraron diferencias significativas en el uso de estrategias metacognitivas de SRL, donde el grupo de HPK evidenció un mayor uso en las estrategias JOL y MPTG mientras que el grupo LPK utilizó con mayor frecuencia la estrategia FOK. Entonces, se concluye que el nivel de conocimiento previo no influye en las estrategias cognitivas utilizadas por los estudiantes por lo que no afectan los objetivos ni la trayectoria del proceso de aprendizaje durante su interacción con el entorno hipermedial. Sin embargo, frente a las estrategias metacognitivas, se evidencia un mayor uso de proceso de monitoreo por parte de los estudiantes HPK dado que presentan más capacidad de memoria de trabajo en comparación a los estudiantes LPK quienes centraron su atención en el aprendizaje de los contenidos.

Así mismo, An y Cao (2014) investigaron los efectos de un andamiaje metacognitivo en los procesos de resolución de problemas de diseño instructivo en un entorno en línea. Durante el estudio, se utilizó una muestra de 49 participantes con un rango de edad entre los 23 y 58 años. Por otro lado, la tarea de aprendizaje consistía en elaborar un Webquest que incluyera una lección mejorada por TIC. Adicionalmente, el andamiaje computacional implementado comprendía tres fases: planificación, monitoreo y evaluación de procesos. Con relación a la primera, el estudiante debía completar una hoja de instrucción que contenía los siguientes elementos: tema, nivel de calificación, problema de aprendizaje y línea de tiempo. Respecto a la segunda, un experto emitía a través del blackboard del entorno en línea, mensajes metacognitivos que orientaban a los participantes a monitorear el proceso de aprendizaje. Por otro lado, los datos revelaron que los andamios metacognitivos facilitaban los procesos de resolución de problemas de diseño de los estudiantes ayudándoles a establecer metas y plazos, participar en la

investigación, organizar sus ideas y pensamientos, corregir malentendidos, revisar planes o estrategias ineficaces, evitar la procrastinación, usar el tiempo de manera efectiva y monitorear y evaluar su progreso.

Por otra parte, Párraga y Toro (2016) mediante una investigación de tipo cuasiexperimental, evaluaron el efecto de un andamiaje metacognitivo sobre el desempeño de estudiantes de tercero de básica primaria, cuando resuelven problemas matemáticos en un ambiente computacional. La población estuvo conformada por 42 participantes (22 mujeres, 20 hombres, $M=8,19$ años) organizados en dos grupos: uno de control (sin andamiaje) y otro experimental (con andamiaje metacognitivo). En el proceso de recolección de información se utilizaron los siguientes instrumentos: un pre-test para evaluar conocimientos previos; ocho pruebas de conocimientos específicos para medir el logro de aprendizaje y un pos-test para estimar el avance de los estudiantes al final del proceso. Adicionalmente, se registró el comportamiento de los participantes en el ambiente computacional (frecuencia de utilización del andamiaje). Para analizar el efecto del andamiaje metacognitivo en el desempeño de los estudiantes por grupo de experimentación, se utilizó una prueba t-student para muestras independientes y una correlación de Pearson.

En términos globales, los resultados mostraron que el grupo experimental obtuvo mejores puntajes en el logro de aprendizaje al solucionar problemas matemáticos. Esto se pudo evidenciar debido al uso del andamiaje metacognitivo enfocado a la comprensión del problema lo que permitió el mejoramiento del conocimiento declarativo respectivo y el fortalecimiento de la conciencia metacognitiva. En cuanto al pos-test, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos, por lo que se presume que el tiempo de uso del andamiaje no fue suficiente para cumplir con el principio de transferencia de responsabilidad. No obstante, es importante

mencionar que la integración de este tipo de herramientas metacognitivas pudo verse entorpecida por la facultad que se les otorgó a los estudiantes de elegir el tipo de andamiaje. Por último, se registró una correlación positiva entre el número de andamiajes metacognitivos utilizados y el logro de aprendizaje, así mismo entre el nivel de autoeficacia percibida y el establecimiento de metas.

Así mismo, Buitrago (2016) investigó el efecto que produce la implementación de un andamiaje metacognitivo, dispuesto en un ambiente computacional b-learning, en el mejoramiento del logro de aprendizaje y en el desarrollo de las habilidades metacognitivas de estudiantes de educación media cuando aprenden contenidos de física, teniendo en cuenta que presentan diferencias individuales que dependen del estilo cognitivo en su dimensión dependencia/independencia de campo (DIC). Se aplicó una investigación de tipo cuasiexperimental con un diseño factorial 2x3, con la participación de 182 estudiantes de grado once (101 mujeres, 81 hombres), organizados en dos grupos (experimental y de control) y con un rango de edad entre los 15 y 19 años ($M= 16$, $SD=0,727$).

Para la medición del estilo cognitivo se utilizó el test de figuras enmascaradas, formato propuesto por Witkin y colaboradores en 1950. Por otro lado, para evaluar el logro de aprendizaje se promedió el puntaje de siete actividades entre las que se destacan, resúmenes, talleres y evaluaciones, contrastando estos resultados con el pre-test de conocimientos previos. Así mismo, se aplicó el test de autorreporte MSLQ, específicamente la escala de habilidades metacognitivas, al inicio y al final de la intervención pedagógica. A su vez, con el fin de establecer un análisis entre estas variables se empleó una correlación de Pearson. Adicionalmente, se desarrolló un análisis multivariante de covarianza (MANCOVA) para analizar el efecto del andamiaje computacional sobre el logro de aprendizaje.

Por otro lado, los resultados evidenciaron que los estudiantes independientes de campo que trabajaron con el ambiente computacional que incorporaba el andamiaje metacognitivo, obtuvieron mejores puntajes en el logro de aprendizaje en comparación con los estudiantes intermedios y dependientes de campo. Así mismo, el uso del andamiaje metacognitivo elevó el logro académico con relación a los resultados del pre-test y al mismo tiempo redujo las diferencias entre los estudiantes de diferente estilo cognitivo. De igual forma, se evidenció que el uso de este andamiaje metacognitivo favoreció el desarrollo de habilidades metacognitivas en los estudiantes, les brindó apoyo en la construcción de su propio conocimiento permitiendo el monitoreo y control de su proceso de aprendizaje y finalmente favoreció procesos de reflexión sobre las formas de aprender.

Posteriormente Kim, Belland y Walker (2018) determinaron el efecto de un andamiaje computacional en el contexto del aprendizaje basado en problemas para ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) teniendo en cuenta las siguientes condiciones: el tipo de intervención, métodos y personalización de los andamios, tipos de habilidades de orden superior a desarrollar en los estudiantes y tipo de disciplina. Los resultados muestran las siguientes conclusiones: los estudiantes que reciben andamiajes computacionales exhiben mejores rendimientos en su aprendizaje en comparación de aquellos que no lo hicieron, el tamaño del efecto de los andamiajes es mayor en los de tipo metacognitivo, seguido de los estratégicos y conceptuales, los andamiajes que presentan función de personalización generan un efecto más alto sobre el aprendizaje en comparación de aquellos con características fijas, las habilidades de orden superior que se desarrollan con mayor éxito mediante la utilización de estos apoyos pedagógicos son la identificación de los componente de la información y el establecimiento de

las relaciones entre los elementos y finalmente, entre las estrategias más efectivas utilizadas se encuentra el modelado de expertos y la retroalimentación.

Todavía cabe señalar a Valencia (2018) quien evaluó el efecto diferencial que ejerce un andamiaje computacional para favorecer la percepción de autoeficacia y la capacidad metacognitiva sobre el logro académico en estudiantes de educación superior de diferente estilo cognitivo que aprenden contenidos matemáticos. Es importante señalar que la investigación fue de tipo experimental con un diseño factorial $2 \times 2 \times 3$ y cuya población estuvo conformada por 135 estudiantes de educación superior (26 mujeres, 109 hombres) con un rango de edad entre los 15 y 39 años ($M=20,52$ y $SD=3,77$) organizados en cuatro grupos: (1) con presencia de andamiaje motivacional, (2) con presencia de andamiaje metacognitivo, (3) con presencia de andamiaje mixto y (4) sin andamiaje. Para el análisis de las variables seleccionadas se utilizó un análisis multivariado de varianza (MANOVA), en donde, el estilo cognitivo se determinó mediante la prueba de figuras enmascaradas. Adicionalmente, la autoeficacia y la autorregulación metacognitiva se midió mediante el cuestionario de autorreporte MSLQ y el logro de aprendizaje por medio de seis pruebas evaluativas que correspondieron a cada una de las unidades de estudio.

En efecto, los resultados revelaron que, los grupos que trabajaron en las condiciones con andamiaje computacional revelaron promedios más altos de autoeficacia académica, en comparación con el grupo que trabajó sin andamiaje, en un sentido esperado. De igual forma, los estudiantes que interactuaron con los ambientes que incorporaban andamiaje computacional reportaron buenas percepciones de su capacidad metacognitiva, acentuándose en el grupo que participó exclusivamente con el andamiaje metacognitivo. Con relación al logro de aprendizaje, los estudiantes que interactuaron con el andamiaje metacognitivo presentaron los mejores promedios, seguidos del grupo de andamiaje motivacional, luego mixto y por último el grupo sin

andamiaje. Lo anterior permite afirmar que la utilización de los andamiajes computacionales implementados dentro de la estructura del ambiente e-learning favoreció la obtención de mejores logros de aprendizaje, apoyaron la percepción de autoeficacia académica de los estudiantes, así como su capacidad metacognitiva. Adicionalmente, el uso de estos andamiajes mejoró de forma equitativa el desempeño de estudiantes de educación superior con diferente estilo cognitivo.

A su vez, Solorzano y López (2019) analizaron los efectos generados de un andamiaje metacognitivo sobre la carga cognitiva, la conciencia metacognitiva y el logro de aprendizaje cuando estudiantes de diferente estilo cognitivo interactúan con un entorno e-learning. Para el estudio se utilizó una investigación de tipo cuasiexperimental donde participaron 67 estudiantes de pregrado (61 mujeres y 6 hombres) con un rango de edad entre los 18 y 30 años ($M=20,24$ $SD=2,85$) y divididos en dos grupos. Así mismo, se empleó un análisis factorial 2x3 de covarianza MANCOVA para evaluar el comportamiento de las variables trabajadas. Por otro lado, los resultados indican que existen diferencias significativas en el logro de aprendizaje entre los grupos de experimentación donde, los estudiantes que interactuaron con el andamiaje metacognitivo mostraron un mayor logro académico y una mejor capacidad de monitoreo de su proceso de aprendizaje. Por otro lado, no se registraron diferencias significativas en el logro de aprendizaje según el estilo cognitivo de los aprendices para ambas modalidades del ambiente computacional. Tampoco se observó ninguna diferencia significativa en la carga cognitiva.

Por otra parte, Duque (2020) estudió el efecto de un andamio de monitoreo en un software motivacional sobre el logro de aprendizaje, el monitoreo del aprendizaje y la gestión del tiempo en estudiantes de diferente estilo cognitivo. En el estudio se utilizó una investigación de tipo cuasiexperimental con un diseño factorial 2*3 en donde participaron 211 estudiantes de grado décimo (100 mujeres, 111 hombres) de una institución educativa distrital con un rango de edad

entre los 13 y 19 años ($M=15,98$; $SD 1,03$). Por otro lado, los resultados del MANCOVA indican que los estudiantes que interactuaron con el andamiaje computacional obtuvieron mejores resultados en el logro de aprendizaje, monitoreando de forma más efectiva su proceso y evidenciando un mayor promedio en la gestión del tiempo en comparación al grupo de control (sin andamiaje). Adicionalmente, el estilo cognitivo generó un efecto significativo diferencial en las variables de logro de aprendizaje, monitoreo y gestión del tiempo acentuándose en el grupo que interactuó con el andamiaje computacional.

2.2 Logro de Aprendizaje y Resolución de Problemas mediados por Ambientes

Computacionales

Diferentes autores han estudiado el logro aprendizaje medido en la capacidad de solucionar un determinado número de problemas matemáticos cuando los estudiantes interactúan en un ambiente computacional. En primera instancia se puede mencionar a Scherer y Tiemann (2012) quienes investigaron la estructura de los procesos de resolución de problemas en la asignatura de química, así como sus relaciones con el conocimiento de la estrategia dentro de un escenario de prueba basado en computadora. Adicionalmente, analizaron las relaciones entre los desempeños de resolución de problemas de los estudiantes de secundaria en un laboratorio virtual al tener que sintetizar un polímero específico asumiendo como covariables el conocimiento previo, la inteligencia fluida, la familiaridad con la computadora y las construcciones motivacionales (validez predictiva). Así, los resultados mostraron que la competencia de resolución de problemas en entornos virtuales comprende tres habilidades correlacionadas: lograr un estado de objetivo, manejo sistemático de variables y resolver tareas analíticas. Adicionalmente, se concluye que la identificación de reglas, su aplicación y el conocimiento referente a su utilización, se consideran componentes de la resolución de problemas complejos. Por otra parte,

el conocimiento previo y la inteligencia fluida en el uso de elementos informáticos predijeron significativamente el rendimiento de los estudiantes en la resolución de problemas.

En segunda instancia se puede mencionar a López, Ibáñez y Chiguasuque (2014), quienes exploraron la influencia que ejerce el estilo cognitivo sobre la fijación, ajuste y precisión de las metas aprendizaje cuando estudiantes resuelven problemas de triángulos rectángulos en un ambiente hipermedial. Para la investigación se utilizó una muestra de 85 participantes (43 mujeres y 42 hombres) con un rango de edad entre los 15 y 18 ($M = 16.6$; $SD = 1.01$). La investigación fue de tipo cuasiexperimental donde, para el análisis de los datos se utilizó un análisis de varianza ANOVA. Los resultados muestran que existen diferencias significativas entre dependientes e independientes de campo en el logro de aprendizaje al solucionar problemas sobre triángulos rectángulos. Así mismo, los estudiantes independientes de campo obtienen mejores resultados con relación al logro de aprendizaje cuando interactúan en ambientes computacionales ya que fijan con mayor precisión las metas finales de aprendizaje, utilizan con mayor frecuencia diferentes estrategias cognitivas, tienden a mostrar un aprendizaje autorregulado, presentan mayores niveles de percepción de autoeficacia y muestran una motivación intrínseca por estudiar a profundidad contenidos matemáticos.

En tercera instancia, se puede mencionar a Rodríguez (2015) quien describió el nivel de influencia del enfoque Aprendizaje basado en Problemas (ABP) sobre la autoeficacia académica con relación al logro académico y el estilo cognitivo de los estudiantes. En la investigación participaron 68 sujetos (35 hombres, 33 mujeres) con un rango de edad entre los 13 y 16 años pertenecientes al grado noveno de un colegio distrital. Adicionalmente, se utilizó un diseño cuasiexperimental con grupo de control al cual no se le aplicó la metodología ABP. Por otro lado, para medir el logro académico, se aplicó un pre-test de conocimientos previos y un pos-test

de conocimientos específicos al terminar la intervención. Así mismo, para medir la autoeficacia, los estudiantes respondieron el cuestionario Inventario de expectativas de autoeficacia académica diseñado por Arturo Barranza en 2010 y con un Alpha de Cronbach de 0,91. Por otro lado, para la determinación del estilo cognitivo se utilizó el test de Figuras Enmascaradas desarrollado por Sawa en 1966.

En relación con el análisis de los datos, se utilizó un análisis factorial de varianza entre las variables previamente señaladas. Así, los resultados comprobaron efectos positivos de la metodología sobre la autoeficacia de los estudiantes y el logro académico, principalmente para los estudiantes con tendencia hacia la dependencia de campo en su estilo cognitivo. Así mismo, se logró registrar un aumento en la autoeficacia académica principalmente en el tercer bimestre de trabajo. En consecuencia, se concluyó que el Aprendizaje basado en Problemas permite al estudiante elegir un curso de acción orientado hacia aquellos desempeños en los que se siente más seguro, generando experiencia de dominio e incrementando su compromiso con la actividad. También, facultó la experiencia vicaria entre compañeros, orientó al desarrollo de tareas académicas de largo alcance respetando las diferencias individuales de los estudiantes.

Seguidamente, Olarte y Peña (2016) contrastaron la efectividad de dos ambientes de aprendizaje web diseñados desde la teoría de los campos conceptuales y la teoría de las cantidades intensivas, sobre la resolución de problemas de estructura multiplicativa. Para el estudio, se utilizó un diseño cuasi-experimental con aplicación de pre y pos-test y una muestra de 53 participantes distribuidos en dos grupos: (1) control, bajo la modalidad de cambio conceptual y (2) experimental, bajo la modalidad de cantidades intensivas. Por otro lado, los resultados demuestran que el grupo experimental presentó un mejor desempeño en los módulos de multiplicación, partición y producto de medidas en comparación al grupo control. Este hallazgo

hace pensar que la modalidad de cantidades intensivas permite a los estudiantes elaborar representaciones simbólicas que facilitan la comprensión de los problemas.

Posteriormente, Hurtado (2017) estudió los efectos diferenciales de tres estrategias didácticas activas: aprendizaje por descubrimiento guiado (ADG), enseñanza para la comprensión (EPC) y aprendizaje basado en problemas (ABP) sobre el logro de aprendizaje medido en la habilidad para resolver problemas de química, en las actitudes y en la permanencia de los aprendizajes y cómo incide el estilo cognitivo en la dimensión dependencia- independencia de campo en estos procesos. Cabe resaltar que el diseño de la investigación fue cuasiexperimental, con la participación de 123 estudiantes del grado décimo de un colegio distrital. Por otra parte, para determinar el estilo cognitivo se utilizó el test de figuras enmascaradas en el formato propuesto por Sawa en 1966. Además, para medir el logro de aprendizaje se aplicó un pre y un pos-test para cada una de las unidades de aprendizaje trabajadas: estequiometría, equilibrio químico, soluciones y heterodispersos.

En definitiva, los resultados evidencian que la estrategia didáctica ABP parece ser la más efectiva para el proceso de enseñanza-aprendizaje de la solución de problemas de estequiometría porque al promover en el alumno un aprendizaje autónomo, desarrolla la habilidad para buscar y seleccionar información pertinente, reflexionar sobre sus procesos y acciones. También, esta estrategia permite un aprendizaje cooperativo, basado en el trabajo por roles, lo que mejora la comprensión de contenidos simbólicos y abstractos.

En segundo lugar, se encuentra la estrategia EPC la cual, al no atiborrar al estudiante con información poco relevante hace que el alumno se concentre en aquellos aspectos del conocimiento que son necesarios para alcanzar las metas de comprensión y logre establecer

conexiones entre sus conocimientos previos y la nueva información. De esta manera, el estudiante construye un aprendizaje significativo que puede usar de forma novedosa en sus desempeños de comprensión y a su vez lo prepara para interpretar información, discutirla y llegar a conclusiones, aspectos que son necesarios durante la solución de un problema de química. Finalmente, respecto a la estrategia ADG, presentó un efecto decreciente en el logro de aprendizaje de la resolución de problemas, esto a causa de que la estrategia didáctica requiere más etapas de razonamiento para interpretar datos en comparación con los pasos de razonamiento requeridos durante la interpretación clásica. Por ejemplo, la observación exige notar y reconocer una característica o aspecto específico o comparar ciertos detalles que deberán ser interpretados por el estudiante lo cual no resulta obvio para él. Además, a esto se suma la dificultad que tienen algunos estudiantes para realizar interpretación de cálculos, la toma de datos y expresar conclusiones.

Finalmente, se presenta Mihindo, Wachanga y Anditi (2017), quienes investigaron los efectos de simulaciones basadas en computadora (CBS) sobre el logro de aprendizaje en química de estudiantes de secundaria. Para el estudio se utilizó una muestra de 175 participantes organizados en dos grupos experimentales (bajo la metodología CBS) y dos grupos de control (con metodología regular de enseñanza). Por otro lado, los resultados indicaron que los estudiantes de los grupos experimentales obtuvieron puntuaciones significativamente más altas en química que los estudiantes de los grupos de Control. Esto implica que el módulo CBS es más eficaz para mejorar el logro de aprendizaje que los métodos de enseñanza regulares ya que contribuyen de forma significativa en la comprensión de los conceptos de química trabajados.

2.3 Estilos Cognitivos en la dimensión Dependencia-Independencia de Campo (DIC)

Diversos autores han validado como instrumento eficaz para determinar el estilo cognitivo de los estudiantes a la prueba de Figuras Enmascaradas (EFT) tanto en formato impreso como digital. Adicionalmente, algunos mencionan la importancia de abordar esta característica en los procesos de enseñanza-aprendizaje ya que el estilo cognitivo determina cómo el estudiante aborda sus tareas dentro del aula al regular el procesamiento de la información.

En primera instancia se puede mencionar a Hederich y Camargo (2000) quienes analizaron el papel que cumple el estilo cognitivo sobre el logro académico asociado al aprendizaje de las matemáticas, el lenguaje y las ciencias naturales. Durante esta investigación se utilizó un diseño basado en la observación probabilística y multivariada de tres indicadores: (1) Las pruebas de competencias básicas aplicadas por la Secretaria de Educación distrital, (2) las valoraciones que hacen los docentes durante el proceso académico de los estudiantes y (3) el estilo cognitivo de los estudiantes en la dimensión independencia-dependencia de campo (DIC), el cual se determinó mediante el test de figuras enmascaradas. Adicionalmente, en el estudio participaron 3003 estudiantes pertenecientes a los grados octavo (50,1%) y décimo (49,9%). Por otro lado, se aplicó un análisis factorial exploratorio y multivariado para detectar asociaciones entre las variables y representarlas gráficamente. Así, los resultados demostraron que el estilo cognitivo es la variable que en mayor medida discrimina las diferencias en el logro académico para las áreas estudiadas, donde los independientes de campo a nivel general obtienen mejores resultados y estos se acentúan en las áreas de matemáticas y ciencias naturales tanto en las pruebas de competencias como en las evaluaciones escolares. Esto confirmó la presencia de un sesgo en el sistema educativo al favorecer el logro de aprendizaje solo para los independientes de campo. Por último, En relación con los estudiantes dependientes de campo, es evidente que estos no

alcanzan los niveles de competencia esperados. Dichos estudiantes, sin embargo, avanzan dentro del sistema educativo con fluidez, en buena parte porque su comportamiento social les permite adaptarse al sistema escolar jerarquizado y asimétrico.

En ese mismo ámbito, Montoya, Taborda y Dussán (2013) describieron los estilos cognitivos en la dimensión de dependencia-independencia de campo en una muestra de 182 estudiantes ubicados en el último semestre de siete programas de licenciaturas de la Universidad de Caldas. Para determinar el estilo cognitivo en la dimensión DIC, se aplicó la prueba de figuras enmascaradas (EFT) en el formato propuesto por Sawa en 1966. Por otra parte, se aplicó un análisis de varianza para comparar los puntajes obtenidos en la prueba para las diferentes licenciaturas. Así, los resultados del estudio confirmaron la validez de la prueba de figuras enmascaradas para dar cuenta de los estilos cognitivos de los sujetos evaluados, encontrándose precisamente un mayor número de estudiantes ubicados en la categoría intermedios con un porcentaje superior al 50% para las siete licenciaturas, donde el programa de artes escénicas presentó el mayor valor (81,3%). Por otro lado, las licenciaturas en Música, lenguas modernas y filosofía no presentaron sujetos dependientes de campo y la licenciatura en Educación física es el pregrado con mayor presencia de sujetos independientes de campo (31,3%).

Por otro lado, Giraldo (2013) caracterizó los estilos cognitivos en las dimensiones de Dependencia – Independencia de Campo (DIC) y Reflexividad – Impulsividad en niños y niñas de básica primaria de colegios del sector oficial de la ciudad de Manizales, con base en variables como la edad, el género y el grado escolar. El estudio fue de carácter descriptivo transversal con una muestra de 53 estudiantes entre edades de 6 y 12 años. Para la recolección de la información, se realizaron dos pruebas simultáneamente, el EFT (test de figuras enmascaradas), descrito por Witkin y colaboradores en 1971 y MFF-20 (test de figuras familiares), descrito por Kagan en

1966. Con relación a la dimensión DIC, los resultados mostraron que un 65% de los niños tienen un estilo I.C, mientras que en las niñas se presenta en un 35%. Este hecho sugiere que los niños tienen con mayor polaridad a guiarse establemente, no solo en el tiempo, sino en las tareas.

Adicionalmente, a medida que los niños ascienden en grado de escolaridad, van desarrollando mayor capacidad de análisis e interpretación, así como un pensamiento más convergente que a diferencia de las niñas, estas tienden a ser más globales y de pensamiento divergente.

Posteriormente, Vargas (2016) adaptó y validó un instrumento para medir el estilo cognitivo en la dimensión de dependencia e independencia de campo. Dicho instrumento fue construido a partir del modelo o versión desarrollada por Karp y Konstadt en el año 1971 y estuvo conformado por 25 ítems, separados en dos grupos de complejidad, que evalúan la capacidad de desenmascaramiento de figuras complejas, como un acto de reestructuración cognitiva como lo estableció Witkin en 1981. Para su validación se utilizó una muestra de 104 estudiantes de un colegio distrital, con un rango de edad entre los 6 y 12 años. Además, a los participantes se le aplicó la prueba CEFT (test de figuras enmascaradas para niños) en medio impreso y tres meses después en formato digital. Así, aplicados los análisis de fiabilidad, los resultados demostraron que la versión digital de la prueba CEFT es válida ya que presenta los mismos índices de fiabilidad que el formato impreso.

Finalmente, Burgos, Ortegón y Ospina (2017) determinaron la correlación entre el perfil del estilo cognitivo, el autoconcepto y la autorregulación del aprendizaje con el rendimiento académico en una muestra de 349 estudiantes de pregrado de la Universidad Católica de Manizales. Para determinar los estilos cognitivos se utilizó el Test de Figuras Enmascaradas (EFT) para la dimensión DIC. En los resultados se demuestra que existe mayor Independencia de campo en el sexo masculino. Adicionalmente, se evidencia una correlación positiva entre el

estilo IC y el rendimiento académico. Por último, los autores señalan que los individuos con tendencia al estilo IC, suelen ser más analíticos y reflexivos lo que los hace proclives a cometer menos errores ya que otorgan mayor valor a sus tareas, desarrollan metas intrínsecas muy definidas y presentan un alto autoconcepto académico.

Capítulo 3: Marco Teórico

3.1 Andamiajes Computacionales

Los andamiajes como instrumentos de apoyo en procesos de enseñanza-aprendizaje comenzaron a utilizarse por Wood y sus colaboradores en el año 1976. Así, luego de sus investigaciones ellos definieron al 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 sólo en aquellos elementos que están dentro de sus competencias. (Wood, Bruner, & Ross, 1976, pág. 90).

Posteriormente, el concepto de andamiaje se asoció a la teoría sociocultural desarrollada por Vygotsky en 1978, donde se adopta la metáfora de andamio de construcción el cual es una estructura temporal erigida para construir o modificar otra estructura (Van de Pol, Volman, & Beishuizen, 2010). De esta forma, Vygotsky creía que el andamiaje entre un adulto y un niño en la Zona de Desarrollo Próximo (ZPD) puede mejorar las habilidades de pensamiento de orden superior y, por ende, la resolución de problemas en el futuro (Ismail, Ismail, & Mohamad, 2015). Por lo tanto, un uso focalizado de andamiajes en la ZPD puede mejorar el nivel de desarrollo real de los niños (Tabak, 2004). Por tal motivo, un andamiaje se define entonces como un apoyo temporal utilizado cuando los estudiantes se involucran en la resolución de problemas y que conduce a la adquisición de habilidades que permiten al aprendiz funcionar de forma independiente en el futuro (Belland, 2017).

Por otro lado, a pesar de las múltiples definiciones asociadas a la metáfora del andamio de construcción, el concepto de andamiaje presenta unas características claramente definidas. De esta forma, Van de Pol, Volman, & Beishuizen (2010), mencionan las siguientes:

- a. Contingencia, asociada a la capacidad de brindar apoyo calibrado o adaptado según el rendimiento actual del estudiante o de una forma ligeramente superior. Sin embargo, para proporcionar un apoyo contingente, primero se debe determinar el nivel actual de competencia del estudiante.
- b. Desvanecimiento o retirada gradual, es decir, el andamiaje desaparece de forma proporcional al aumento en el nivel de competencia del estudiante.
- c. Transferencia de responsabilidad donde, el estudiante toma control sobre su proceso de aprendizaje al desarrollar el nivel de competencia acorde a un desempeño independiente.

Adicionalmente, dentro de la investigación educativa, los andamiajes han sido ampliamente utilizados gracias a sus bondades, entre las que se pueden destacar: 1) motivan al estudiante durante el desarrollo de una actividad de aprendizaje, 2) adaptan la tarea de acuerdo con las necesidades del aprendiz, 3) mantienen el interés del sujeto en el desarrollo de la tarea, 4) permiten establecer el avance de la actividad para proponer acciones consecuentes, 5) manejan la frustración y, 6) disminuyen el apoyo a través del tiempo (Wood, Bruner, & Ross, 1976).

Por otra parte, Hederich, Camargo y López (2015) definen al andamiaje como un dispositivo pedagógico que ayuda al estudiante a cumplir con una tarea que, sin su ayuda y asistencia, le resultaría demasiado difícil poder completar. Sin embargo, cuando este tipo de apoyo se traspasa a ambientes de aprendizaje soportados en NTIC se habla entonces de andamiajes computacionales, los cuales ayudan a los estudiantes a tener una experiencia de aprendizaje exitosa en entornos que representan un proceso de formación no lineal. Por ejemplo, para

Azevedo et. al (2004), los andamiajes son herramientas, estrategias y guías que pueden apoyar a los estudiantes en la regulación de su aprendizaje cuando abordan temas complejos con hipermedia. Así mismo, este autor menciona que, durante la utilización de estas herramientas, los docentes pueden apoyar la autorregulación de los estudiantes, según sea necesario, de tres formas: (a) ayudar a construir competencias a través de una mayor comprensión, (b) involucrar a los educandos en el aprendizaje mientras apoyan sus necesidades socioemocionales, y (c) ayudar a los individuos a construir y ejercer autonomía como aprendices.

Por otro lado, dada la versatilidad de los andamiajes computacionales, es necesario establecer su clasificación según el propósito que se le asigne en un ambiente hipermedial. De esta forma, Huertas y López (2012) citando a diversos autores clasifican este tipo de apoyos educativos de la siguiente forma:

Tabla 1

Clasificación de los andamiajes computacionales

AUTOR	TIPO DE ANDAMIAJES	DESCRIPCIÓN
Hannafin, Land & Oliver, 1999	Conceptuales	Orientan el desarrollo de las tareas de aprendizaje por medio de consejos, indicaciones y retroalimentación acerca de su desempeño
	Procedimentales	Hacen énfasis en el uso de las ayudas presentes en el escenario computacional y la manera de acceder a ellas.
	Estratégicos	Presentan diferentes estrategias para el desarrollo de las tareas de aprendizaje, con el propósito de que el estudiante seleccione las más eficientes.
Hadwin & Winne, 2001	Explícitos	Prestan un apoyo evidente durante el desarrollo de las tareas de aprendizaje.
	Implícitos	Orientan las actividades educativas de manera poco evidente

Molenaar et al. 2010; Quintana et al. 2005	Metacognitivos	Gestionan y regulan los procesos cognitivos, de este modo el sujeto planea su proceso de aprendizaje, supervisa el avance de las metas propuestas y reflexiona sobre los resultados obtenidos.
Kim & Hannafin, 2011	Estáticos	Establecen orientaciones fijas que orientan al estudiante durante su proceso de aprendizaje.
	Dinámicos	Proporcionan métodos interactivos para evaluar el progreso del aprendizaje e información en respuesta a las diferentes necesidades de los estudiantes.

Nota. Fuente: Tomado de Andamiaje Metacognitivo Para La Búsqueda De Información (Ambi): Una Propuesta Para Mejorar La Consulta En Línea (Huertas & López, 2012).

3.2 Metacognición

El objetivo de un docente es lograr que todos o la gran mayoría de sus estudiantes comprendan el conocimiento que se enseña dentro del aula de clase, así puedan encontrarle un significado y una utilidad en la vida cotidiana. Sin embargo, a pesar de que muchas veces se utilizan diversas estrategias para lograr tal objetivo, un número considerable de aprendices no logran desarrollar dichos procesos de comprensión y por ende lo suficientemente capacitados para abordar ciertas tareas de aprendizaje que le son asignadas. Es así como diversos autores han señalado la importancia de los procesos de metacognición en el desarrollo, gestión y regulación de las operaciones cognitivas.

Así, para la década de los años 70 Flavell realizó los primeros estudios en esta materia empezando a utilizar el término de metacognición, el cual se refiere "al conocimiento que uno tiene acerca de los propios procesos y productos cognitivos o cualquier otro asunto relacionado con ellos, por ejemplo, las propiedades de la información relevantes para el aprendizaje";

también se refiere "a la supervisión activa y consecuente regulación y organización de estos procesos, en relación con los objetos o datos cognitivos sobre los que actúan, normalmente en aras de alguna meta u objetivo concreto" (Flavell, 1976).

Por otro lado, la metacognición propiamente dicha implica el control y regulación de las capacidades cognitivas (memoria, lenguaje, atención, pensamiento abstracto, percepción, etc.) en las actividades de la vida cotidiana con el fin de construir nuevos conocimientos de forma consciente y útiles que permitan abordar diferentes tareas. De esta forma, se puede decir que:

La metacognición indica, entre otras cosas, el examen activo y consiguiente regulación y organización de las capacidades cognitivas en relación con los objetos cognitivos sobre los que se versan, por lo general al servicio de algún fin u objeto concreto (Nisbet & Shucksmith, 1986, pág. 54)

Por su parte, Nickerson, Perkin y Smith (1985) se refieren al conocimiento metacognitivo de la siguiente forma:

El conocimiento metacognitivo es el conocimiento sobre el conocimiento y el saber, e incluye el conocimiento de las capacidades y limitaciones de los procesos del pensamiento humano, de lo que se puede esperar que sepan los seres humanos en general y de las características de las personas específicas, en especial de uno mismo, en cuanto a individuos conocedores y pensantes. (p. 125)

Adicionalmente, Buitrago (2016) define la metacognición con relación a los procesos de aprendizaje como:

La Metacognición es por tanto la capacidad de regulación del aprendizaje, es decir, planificar qué estrategias se han de utilizar en cada situación, aplicarlas, controlar el proceso, evaluarlo

para detectar posibles fallos, y como consecuencia transferir todo ello a una nueva forma de actuación; en otras palabras, la metacognición se refiere al conocimiento, concientización, control y naturaleza de los procesos de aprendizaje. (p. 36).

Así mismo, Buitrago (2016) menciona que la metacognición presenta cuatro características:

(a) Conocer los objetivos que se quieren alcanzar con el esfuerzo mental, (b) Posibilitar la elección de las estrategias para conseguir los objetivos planteados, (c) Auto observar el propio proceso de elaboración de conocimientos, para comprobar si las estrategias elegidas son las adecuadas y, (d) Evaluar los resultados para saber hasta qué punto se han logrado los objetivos.

En pocas palabras se puede mencionar que la metacognición está íntimamente relacionada con los procesos de autorregulación del aprendizaje cuando el estudiante tiene muy bien definido las metas y objetivos que desea alcanzar y las habilidades que debe desarrollar. Conforme a lo anterior, Glaser y Pellegrino (1987) establecen tres diferencias fundamentales entre los sujetos con un alto nivel de habilidades metacognitivas frente a los que poseen un nivel bajo:

- a) Utilizan su memoria desde el ámbito de velocidad en el manejo de información y habilidad en el tratamiento de esta.
- b) Conocimiento de sus limitaciones. Conocen las limitaciones que tienen en el proceso de resolución de problemas.
- c) Tipo de procesamiento de la información. Los más hábiles procesan de forma más conceptual, mientras que los menos hábiles lo hacen de forma más superficial.

Por otro lado, Allueva (2002) establece una serie de acciones para desarrollar habilidades metacognitivas en los estudiantes. En términos generales se pueden mencionar las siguientes: planificación, predicción, regulación de los procesos cognitivos, control de las operaciones

cognitivas, verificación de los conocimientos adquiridos y limitaciones observadas hacia una tarea cognitiva y, por último, el uso deliberado y consciente de las estrategias metacognitivas.

Finalmente, Tesouro (2006) argumenta que el principal objetivo cognitivo del aprendizaje escolar consiste en la adquisición de las cuatro categorías de habilidades que se presentan a continuación:

- a) La aplicación flexible de un conocimiento bien organizado, específico de un campo, que comprendería conceptos, reglas, principios, fórmulas y algoritmos.
- b) Métodos heurísticos, es decir, estrategias de investigación sistemática para el análisis y transformación del problema como, por ejemplo, analizar cuidadosamente un problema, explicando que es lo que se conoce y lo que se desconoce; subdividir el problema en submetas; visualizar el problema utilizando un diagrama o dibujo, etc.
- c) Habilidades metacognitivas que incluyen, por una parte, el conocimiento relativo al funcionamiento cognitivo propio y, por otra parte, actividades que se relacionan con el autocontrol y la regulación de los propios procesos cognitivos como, por ejemplo, planificar un proceso de resolución y reflexionar sobre las actividades de aprendizaje y de pensamiento propias.
- d) Estrategias de aprendizaje, es decir, las actividades que ocupan al estudiante durante el aprendizaje con la finalidad de adquirir cualquiera de los tres tipos de habilidades anteriores. (p. 6)

3.3 Resolución de Problemas

En psicología el concepto "problema" es uno de aquellos conceptos donde los psicólogos están de acuerdo y no encontramos muchas discusiones. Por ejemplo, desde la visión de Newell

y Simón (1972), un problema se presenta cuando un individuo quiere alcanzar un determinado fin, pero no sabe cómo puede llegar a este objetivo, porque no dispone de procedimientos específicos conocidos ni de las técnicas especiales o particulares, ni puede utilizar las operaciones ya conocidas.

Posteriormente, estos autores presentaron su proyecto denominado Solucionador general de problemas (SGP), una simulación computarizada que explicaba las estrategias utilizadas por las personas al enfrentarse a diferentes clases de situaciones. Así, en términos generales el SGP establece concretamente tres componentes que configuran el marco general para la solución de problemas: 1) El espacio del problema (estado inicial, intermedios, final y meta general de aprendizaje), 2) El método utilizado (formulación de metas y submetas, transformándolas en datos que se pueden procesar reduciendo la diferencia entre estados inicial y final) y 3) Ambiente de la tarea.

Por otro lado, Polya (1989) en su libro “Cómo plantear y resolver problemas” introduce un método de cuatro pasos que conforman una heurística útil en la solución de problemas matemáticos. De forma general, se puede resumir estas cuatro fases de la siguiente forma:

Tabla 2

Etapas para la resolución de problemas según Polya (1989)

FASE	CARACTERÍSTICAS	PREGUNTAS ORIENTADORAS
Compresión del problema	Fase de exposición del problema. El problema debe ser asequible para el estudiante y debe generar interés por su resolución. El estudiante debe poder separar el problema en sus partes principales.	¿Cuál es la incógnita? ¿Cuáles son los datos? ¿Cuál es la condición? Designa una notación a la incógnita ¿Es suficiente la condición para determinar la incógnita?

Concepción de un plan	<p>Qué cálculos, qué razonamientos o construcciones habremos de efectuar para determinar la incógnita. Para comprenderla posición del alumno, el maestro debe pensar en su propia experiencia, en sus propias dificultades y éxitos en la resolución de problemas. El problema debe presentarse de diversas formas para asegurar su análisis.</p>	<p>¿Conoce algún problema relacionado? Mire bien la incógnita. Trate De pensar en algún problema que le sea familiar y que tenga la misma incógnita o una similar. ¿Puede enunciarse el problema en forma diferente? Para no desviar la atención del problema: ¿Ha empleado todos los datos? ¿ha hecho uso de toda la condición?</p>
Ejecución de un plan	<p>Examinar todos los detalles del problema para que el estudiante por cuenta propia establezca una línea general de ejecución. Lo esencial es que el alumno honestamente esté por completo seguro de la exactitud de cada paso que va a implementar para llegar a la solución.</p>	<p>¿Pueden ustedes ver claramente que el paso es correcto?; pero ¿pueden también demostrar que es correcto?</p>
Visión retrospectiva	<p>Un problema no se considera completamente terminado hasta que se verifique minuciosamente el resultado. Una vez resuelto el problema y activados los mecanismos de comprobación del resultado se debe realizar una reflexión de la estrategia seguida. El profesor debe alentar a sus alumnos a imaginar casos en que podrían utilizar de nuevo el mismo proceso de razonamiento o aplicar el resultado obtenido.</p>	<p>¿Puede verificar el resultado?; ¿puede verificar el razonamiento? ¿Puede obtener el resultado de un modo distinto? ¿Puede utilizar el resultado o el método para resolver algún otro problema?</p>

Nota. Fuente: Elaboración propia basado en el libro como plantear y resolver problemas.

3.3 Estilos Cognitivos

Desde la concepción de Witkin (1950) un estilo cognitivo dado caracteriza el funcionamiento de la persona establemente y a través del tiempo ya que se relaciona con actividades perceptivas

e intelectuales del individuo. Posteriormente, García (1989) mencionan que el estilo cognitivo se refiere a las variaciones individuales en los modos de percibir, recordar y pensar e inclusive a las distintas maneras de aprehender, almacenar, transformar y utilizar información. A su vez, Saturnino (1991; citado por Vélez 2013) conceptualiza al estilo cognitivo como la estrategia de funcionamiento mental que permite diferenciar a los sujetos por el modo prevalente de percibir el medio, procesar la información, pensar o resolver problemas, aprender y actuar. Por otro lado, Hederich y Camargo (2001) indican que el estilo cognitivo:

Hace alusión a modalidades generales para la recepción, la organización y el procesamiento de la información, modalidades que se manifiestan en variaciones en las estrategias, planes, y caminos específicos seguidos por los sujetos en el momento en que llevan a cabo una tarea cognitiva. (p. 37 - 39).

Por otro lado, Montoya, Taborda y Dussan (2013) se refieren al estilo cognitivo como el modo en el que los sujetos resuelven, más o menos de manera estable, asuntos que desafían sus procesos cognitivos y paralelamente como la manera en que estos procesos se manifiestan al momento de dar solución a una situación problema. De forma similar, citando al modelo de la cebolla propuesto por Curry en 1983, Vargas (2016) considera al estilo cognitivo como una característica permanente de la personalidad la cual está asociada al proceso de adaptación y asimilación de la información que tiene el sujeto.

3.4 Estilo Cognitivo en la Dimensión Dependencia-Independencia de Campo (DIC)

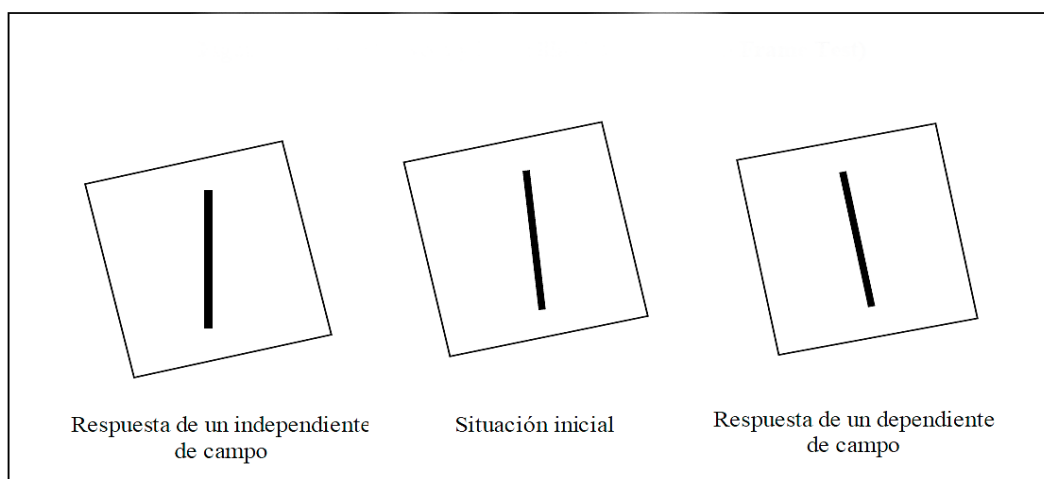
Teniendo en cuenta que el estilo cognitivo tiene diferentes dimensiones desde el punto de vista de la psicología, en este apartado sólo se abordará los referentes teóricos de la dimensión

Dependencia-Independencia de Campo, la cual va a ser tomada como una covariable en la presente investigación.

Los orígenes de la dimensión DIC se pueden atribuir a los trabajos de Witkin y Asch (1948) sobre percepción de la verticalidad. Utilizando diferentes pruebas, este estudio arrojó dos tendencias claramente consistentes en lo relacionado a la información priorizada frente a la tarea solicitada. De esta forma, por un lado, algunos sujetos priorizaron claves de tipo visual (paralelismo o perpendicularidad) mientras que otros claves de tipo vestibular (con relación a la fuerza de gravedad). Durante su investigación, una de las pruebas trabajadas por los autores fue la prueba del marco y la varilla (RFT por sus siglas en inglés Rod and the frame test) donde se solicitaba al sujeto colocar en posición vertical una varilla giratoria, que se encontraba en el centro de un marco luminoso inclinado.

Figura 1

Test del marco y la varilla (Rod and the frame test, RFT)



Nota. Tomado de Estilo cognitivo en la dimensión de Independencia-Dependencia de Campo.

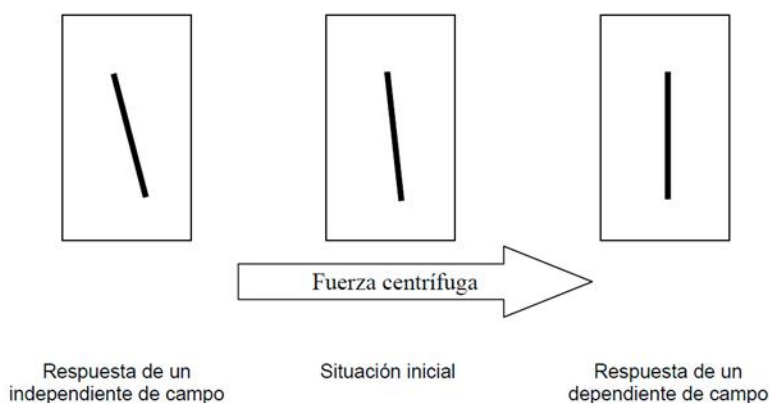
Influencias culturales e implicaciones para la educación (Hederich, 2004).

Teniendo en cuenta los resultados, Witkin (1950) denominó a los sujetos que se enfocan en la información visual como Dependientes de campo (DC) frente a los que se enfocan en información postural como Independientes de campo (IC).

Por otro lado, en la segunda situación, se alteró la dirección aparente de la fuerza de gravedad, introduciendo en la situación una fuerza centrífuga (producida por la rotación de la habitación), mientras el marco visual de referencia permanecía vertical. Este es el caso de test de la habitación rotatoria (RRT: Rotating Room Test) como se muestra en la siguiente figura. (Hederich, 2004, pág. 13).

Figura 2

Test de la habitación rotatoria (Rotating Room Test, RRT)



Nota. Tomado de Estilo cognitivo en la dimensión de Independencia-Dependencia de Campo. Influencias culturales e implicaciones para la educación (Hederich, 2004).

Seguidamente, Hederich (2004) menciona los estudios posteriores sobre percepción de la verticalidad que realizaron Witkin y Asch:

Las indagaciones posteriores intentaron explicar las inconsistencias encontradas considerando la posibilidad de que las dos tareas de percepción de la verticalidad pudieran concebirse como tareas que involucran la separación de un elemento (la varilla o el cuerpo) del campo organizado, o marco. (p. 14).

Por otra parte, con el fin de refinar los procesos para identificar el estilo cognitivo en la dimensión DIC se elaboró una prueba asequible en formato impreso conocida como el Test de Figuras Enmascaradas (EFT en sus siglas en inglés Embedded Figures Test). Según Tinajero y Páramo (2013), “la tarea del sujeto en dicha prueba consiste en observar y retener en mente figuras simples y localizarlas en figuras complejas en las que se encuentran incluidas con igual orientación y tamaño” (p. 62). Por tal motivo, los resultados de la EFT evidenciaron que los sujetos conocidos como Independientes de campo (IC) demostraron mejores habilidades en el desenmascaramiento de figuras complejas con relación a los dependientes de campo (DC). Adicionalmente, asociando ambos experimentos, los sujetos IC “tendrían mayor facilidad que los dependientes de campo para retraerse de la influencia del contexto enmascarador, lo que facilita la descomposición de la información perceptiva en sus diferentes partes y la atención a los elementos relevantes de esta” (Tinajero & Páramo, 2013, pág. 62).

Por otro lado, Hederich (2004) explica que el desarrollo del test EFT como un indicador del estilo cognitivo en la dimensión DIC, facilitó las investigaciones posteriores en el campo, dado que es una prueba rápida y fácilmente evaluable. Así, por ejemplo, gracias a estudios posteriores se puede elaborar una síntesis de las características para ambas dimensiones:

1. Independencia de campo: Los individuos de este grupo tienden a mostrar comportamientos más individualistas (Frías, Chen, & Liu, 2009), se dirigen internamente, aceptan ideas a través del análisis (Witkin, Moore, Goodenough, & Cox, 1977) y tienen

más éxito en aislar información importante de un complejo en conjunto (Goodenough & Karp, 1961).

2. Dependencia de campo: Los individuos de este grupo tienden a ser más sociales, con tendencia a buscar referentes externos para procesar y estructurar su información (Witkin, Moore, Goodenough, & Cox, 1977), son menos analíticos, procesan la información de forma global (Lambert, 1981; Tannenbaum, 1982), les lleva más tiempo localizar conceptos clave y se desorientan fácilmente durante las búsquedas de información (Valencia, López, & Sanabria, 2019).

Por último, Las diferencias en el estilo cognitivo en la dimensión DIC ha tenido grandes incidencias en el ámbito educativo en especial cuando los estudiantes enfrentan tareas en ambientes virtuales de aprendizaje; los estudios realizados por Hederich y Camargo (2010) sobre este ámbito evidencian que el estilo cognitivo en la dimensión DIC es una variable directamente relacionada con el proceso de enseñanza-aprendizaje y por tanto “un factor a tener en cuenta en los análisis de los procesos educativos, pedagógicos y didácticos” (p.16).

Capítulo 4: Metodología

4.1 Tipo de Investigación

Para este estudio, se utilizó una investigación de tipo cuasi-experimental. Adicionalmente, los participantes se ubicaron en dos grupos según el tipo de ambiente computacional: (a) grupo de control, sin presencia de andamiaje y (b) grupo experimental, con presencia de andamiaje mixto (metacognitivo y procedimental).

4.2 Diseño de la Investigación

Durante la investigación se aplicó un diseño factorial 2*2 el cual incluye las siguientes condiciones: tipo de ambiente (sin andamiaje y con andamiaje mixto) y estilo cognitivo de los estudiantes (independientes y dependientes de campo). En la siguiente tabla se presenta el tamaño de la muestra de cada uno de los grupos conformados de acuerdo con el diseño de la investigación:

Tabla 3

*Tamaño de los grupos de la muestra de estudio en el diseño factorial 2*2.*

Ambiente Computacional	Dependiente de campo	Independiente de campo	Total
Sin andamiaje	13	12	25
Con andamiaje mixto	12	16	28
Total	25	28	53

4.3 Población y Muestra

Durante este proyecto, participaron 53 estudiantes del grado undécimo pertenecientes al nivel de media académica de un colegio distrital de la ciudad de Bogotá. Adicionalmente, la muestra estuvo conformada por 20 hombres (37,7%) y 33 mujeres (62,3%) con un rango de edad entre los 15 y 18 años ($M = 16,11$; $SD = ,725$) y ubicados en los estratos socioeconómicos 1 y 2. Por otro lado, a los aprendices se les entregó el formato de consentimiento informado (diseñado por la universidad pedagógica) antes de la intervención el cual contenía los datos de investigador, un resumen general del proyecto y una síntesis de los derechos como participantes. Este formato debía ser diligenciado por el acudiente.

4.4 Variables

Las variables que se estimarán en la investigación se describen a continuación:

- a. **Variables Independientes:** El entorno computacional bajo dos modalidades (Sin Andamiaje/con andamiaje mixto)
- b. **Variable dependiente:** Logro de aprendizaje medido a través de un post test que incluye preguntas de selección múltiple sobre teoría de soluciones químicas y 5 problemas sobre concentración de soluciones. El resultado en esta prueba será contrastado con la prueba de conocimiento previos.
- c. **Covariables:** Prueba de conocimientos previos aplicada antes de la intervención pedagógica.
- d. **Variable asociada:** estilo cognitivo de los estudiantes con dos valores (independientes/dependientes de campo).

4.5 Análisis de datos

Para el tratamiento de las variables se utilizó un análisis univariado de covarianza ANCOVA para medir si existen diferencias significativas en el logro de aprendizaje entre grupos de experimentación. Adicionalmente se evaluó si aspectos relacionados con la planeación e utilización del andamiaje procedimental generaron efectos en el logro de aprendizaje.

4.6 Hipótesis

H₀: La presencia de un andamiaje mixto en un ambiente computacional favorece de forma significativa el logro de aprendizaje en estudiantes de diferente estilo cognitivo cuando resuelven problemas de soluciones químicas.

H₁: El andamiaje metacognitivo incide de forma significativa en los resultados del logro de aprendizaje en el grupo experimental.

H₂: El andamiaje procedimental incide de forma significativa en los resultados del logro de aprendizaje favoreciendo de forma diferencial a los estudiantes según su estilo cognitivo.

4.7 Instrumentos

4.7.1 Prueba de Figuras Enmascaradas para determinar el Estilo Cognitivo (DIC)

En la presente investigación se utilizará el formato propuesto por Sawa (1966) en medio impreso. La prueba consiste en identificar una figura simple en figuras complejas organizadas secuencialmente las cuales deben ser resueltas en un tiempo preestablecido. Esta prueba será aplicada a la totalidad de la muestra seleccionada. Por otro lado, en el marco de la pandemia, las orientaciones pedagógicas para dicha prueba se efectuaron de manera virtual.

4.7.2 Prueba para medir Conocimientos Previos y Logro de Aprendizaje

La prueba aplicada para medir conocimientos previos y para medir el logro de aprendizaje, estuvo conformada por 10 preguntas de selección múltiple sobre las unidades de aprendizaje trabajadas. De esta forma, 5 preguntas estuvieron enfocadas al tema de teoría de soluciones químicas (conceptos básicos, elementos de una solución y su proporcionalidad, clasificación de las soluciones y factores que afectan la solubilidad) y 5 problemas sobre concentración de soluciones.

4.7.3 Encuesta para organizar la Planeación del Aprendizaje

Los detalles de esta encuesta están descritos en la sección que describe el andamiaje metacognitivo. Adicionalmente, se efectuó un análisis de fiabilidad, obteniéndose un Alpha de Cronbach de 0,645, es decir, una consistencia interna débil.

4.7.4 Encuesta sobre la Reflexión Final del Aprendizaje

Esta encuesta se diseñó en dos subescalas (Ver apéndice A). Adicionalmente, se efectuó un análisis de fiabilidad, obteniéndose un Alpha de Cronbach de 0,810 para la subescala de planeación y un 0.803 para la subescala de recursos del ambiente.

4.8 Descripción del Ambiente Computacional

Cada ambiente computacional se estructuró como una página web con dominio propio escrita en lenguaje HTML5 y PHP, la cual permitía al usuario iniciar una sesión para ingresar a los contenidos.

Adicionalmente, el rol del maestro estuvo enfocado a orientar el proceso de aprendizaje, mediante sesiones sincrónicas de retroalimentación sobre el progreso en el aprendizaje.

Por otro lado, la navegación del ambiente computacional se configuró mediante un menú principal, y unas cajas de contenido, las cuales fueron presentadas en la primera sesión de trabajo.

Figura 3

Menú de inicio del ambiente computacional con andamiaje mixto.



Figura 4

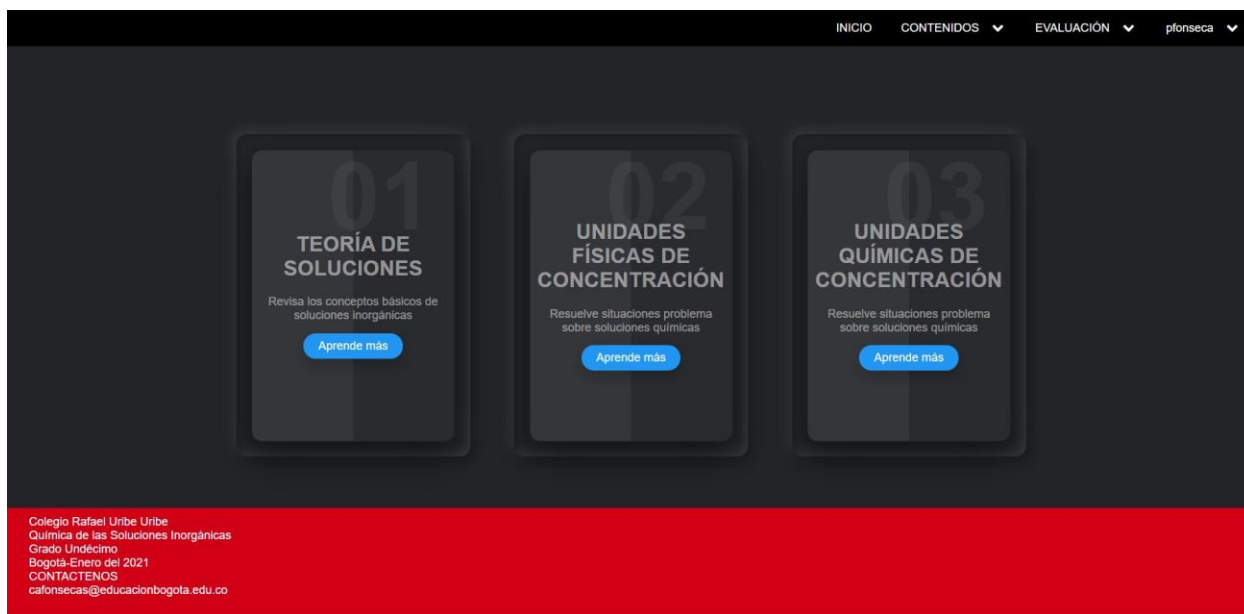
Menú de inicio del ambiente computacional sin andamiaje.



Así mismo, el tema de soluciones químicas se organizó en tres unidades de aprendizaje: teoría de soluciones químicas, unidades físicas de concentración y unidades químicas de concentración. Así mismo, cuando el estudiante ingresaba al selector de las unidades, se le mostraba el propósito general del tema. Es importante resaltar que el aprendiz tenía la facultad de seleccionar cualquier unidad al iniciar su proceso de aprendizaje, pero se les recomendó empezar con tema de teoría de soluciones.

Figura 5

Menú de selección de las unidades de aprendizaje



Así mismo, cada unidad de aprendizaje incluyó los siguientes elementos:

1. Una presentación que abordaba los aspectos teóricos y contenía videos explicativos del tema (excepto en teoría de soluciones)

2. Una evaluación de prueba con preguntas y su respectiva retroalimentación, la cual no tenía un carácter evaluativo y el estudiante la podía completar las veces que quisiera o simplemente no realizarla
3. Un formulario que contenía 5 preguntas de selección múltiple sobre la temática trabajada.

Adicionalmente, ambos ambientes computacionales contenían una sección denominada “notas” donde el estudiante podía semanalmente revisar sus calificaciones conforme a su progreso.

Por otro parte, para el caso del ambiente computacional con presencia de andamiaje mixto, se incluyó los módulos del andamiaje metacognitivo y del andamiaje procedimental descritos en la siguiente sección.

4.8 Descripción de los Andamiajes Computacionales

4.8.1 Andamiaje Metacognitivo

El diseño del andamiaje metacognitivo se realizará teniendo en cuenta el modelo propuesto por Hadwin y Winne (2001) basado en teorías de cognición, motivación y metacognición. Este modelo define cuatro fases de estudio:

Tabla 4

Fases del andamiaje metacognitivo

Fase	Descripción
Comprensión de la tarea de estudio	Se presenta a los estudiantes el propósito general de cada unidad de aprendizaje de la siguiente forma: (a) Teoría de soluciones químicas: Revisa conceptos básicos identificando componentes, estados de agregación y tipos de soluciones.

-
- (b) Unidades físicas y químicas de concentración: Resuelve situaciones problema sobre concentración de soluciones químicas.

Establecimiento de las metas de aprendizaje y planeación

Al estudiante se le explica que antes de iniciar su proceso de aprendizaje en cualquiera de las tres unidades, debe diligenciar el módulo de planeación. Dicho módulo contiene los siguientes elementos con sus posibles opciones:

Meta de aprendizaje y nivel de dominio

- a. Básico: En este nivel debes resolver ejercicios de concentración de soluciones utilizando únicamente las fórmulas originales.
- b. Intermedio: En este nivel debes resolver ejercicios de concentración de soluciones que implican la transformación de las fórmulas originales.
- c. Avanzado: En este nivel debes resolver ejercicios de concentración que implican la transformación de fórmulas y conversión de unidades.

Tiempo destinado para el desarrollo de cada unidad de aprendizaje

- a. 1 hora
- b. 1.5 horas
- c. 2 horas
- d. 2.5 horas
- e. 3 horas

Nivel de logro frente al proceso de aprendizaje

- a. Insuficiente
- b. Aceptable
- c. Sobresaliente
- d. Excelente

Es importante aclarar que este módulo de planeación se podía modificar en la unidad 2 (unidades físicas de concentración) y la unidad 3 (unidades químicas de concentración).

Aprendizaje en marcha	<p>Durante esta fase, el estudiante navega por el ambiente computacional. En cada una de las opciones se le muestra al estudiante una alerta que orienta su trabajo. Entre las alertas utilizadas para cada módulo se encuentran:</p> <p>Inicio (Bienvenido)</p> <p>Mi planeación (organiza la planeación de tu proceso de aprendizaje)</p> <p>Repositorio de Contenidos (Selecciona la unidad de aprendizaje que desees desarrollar)</p> <p>Evalúa tu aprendizaje (Recuerda valorar tu experiencia de aprendizaje una vez culminada tu evaluación final).</p> <p>Sin embargo, para el aprendizaje en marcha se dispuso de una alerta de contenido fijo que aparecía cada 10 minutos. Esta alerta contenía los siguientes marcadores metacognitivos:</p> <p><i>Si ya completaste tu planeación ¿Deseas cambiarla?</i></p> <p><i>¿Estas comprendiendo el tema de estudio? Puedes volver a revisar las presentaciones.</i></p> <p><i>¿Consideras que aprendiste el tema de estudio? Recuerda utilizar la evaluación de prueba.</i></p>
Retroalimentación y reflexión	<p>Para esta fase el estudiante debía completar una encuesta denominada “reflexión del aprendizaje” teniendo en cuenta su planeación y las calificaciones en las actividades de aprendizaje, específicamente las relacionadas al logro de aprendizaje (ver Apéndice A).</p>

4.8.2 Andamiaje Procedimental

El diseño de este andamiaje se basa en las cuatro fases para la resolución de problemas descritas por Polya (1989). En esencia se trata de un andamiaje fijo diseñado como un formulario que le explica a los estudiantes las cuatro fases que debe tener en cuenta para desarrollar un problema. Así mismo, este andamiaje se ubicó de forma lateral en cada actividad de aprendizaje de las

unidades 2 y 3 relacionadas con la resolución de problemas de concentración de soluciones químicas. Adicionalmente, se puede describir cada fase del andamiaje de la siguiente forma:

Tabla 5

Descripción del andamiaje procedimental

Fase	Descripción
Comprensión del problema	<p>Esta fase presentó las siguientes recomendaciones</p> <p><i>“Al leer el enunciado es importante identificar los datos que nos proporciona el problema”</i></p> <p><i>“Aquel dato que no te proporcione el enunciado es la variable que debes hallar. Puedes registrarlos en el campo correspondiente”</i></p> <p>Posterior a este enunciado, el estudiante puede diligenciar los respectivos datos, según el tipo de problema trabajado. Así mismo, la variable que no se diligencia corresponde al dato que se debe determinar.</p> <p>Adicionalmente, esta fase se insta al estudiante a revisar las unidades de medida de las variables con el fin de determinar si el problema incluye alguna conversión:</p> <p><i>¿Consideras que los datos cumplen con las unidades correspondientes? Si/No</i></p>
Concepción de un plan	<p>En esta fase, se pretende que el estudiante, utilizando las variables que identificó en el punto anterior, pueda resolver la situación que le plantea el problema seleccionado el procedimiento correcto:</p> <p><i>“Para resolver el problema es importante identificar el procedimiento que te permita llegar a la solución correcta. Selecciona la fórmula adecuada para hallar la variable solicitada”</i></p> <p>A continuación, se le muestra al estudiante un desplegable con las fórmulas que se pueden utilizar según el tipo de problema, de tal forma que seleccione la que corresponde.</p>
Ejecución de un plan	<p>El estudiante en esta fase, teniendo en cuenta lo organizado en los dos pasos anteriores debe ejecutar las operaciones correspondientes. Así</p>

mismo, se pretende que el estudiante ponga atención en los siguientes aspectos:

“Una vez establecido tu plan de acción debes reemplazar los valores en la fórmula seleccionada”

¡RECUERDA!

Operar cada dato

Revisar la unidad de medida

Visión retrospectiva

En esta fase se pretende que el estudiante revise de forma detallada el procedimiento que ejecutó para llegar a la respuesta solicitada:

“Recuerda revisar el procedimiento que acabas de realizar si tienes alguna duda o tu respuesta no coincide con las opciones mostradas en la actividad”

Finalmente, el andamiaje tiene un botón para restaurar los valores diligenciados.

Capítulo 5: Resultados de la Investigación

Para evaluar el efecto del andamiaje mixto sobre el logro de aprendizaje en estudiantes de diferente estilo cognitivo, se aplicó un análisis univariado de covarianza (ANCOVA).

En primera instancia se verificó que las distribuciones entre la variable dependiente y las variables independientes fueran normales. En este caso se utilizó el criterio de Kline (2016) quien establece que una distribución es normal si los valores para asimetría y curtosis son respectivamente: $(Y_1 = \leq 3)$, $(Y_2 = \leq 10)$.

Tabla 6

Asimetría y curtosis para las distribuciones entre la variable dependiente y las variables independientes.

Variable dependiente	Variable independiente		Asimetría	Curtosis
Logro de aprendizaje	Ambiente computacional	Sin andamiaje	,043	-,669
		Con andamiaje	-,313	-1,302
	Estilo cognitivo	Dependiente de campo	,282	,536
		Independiente de campo	-1,190	1,038

En este caso, los resultados demuestran que las distribuciones entre las variables estudiadas son normales dado que los valores para asimetría y curtosis se ubican respectivamente en los rangos señalados por Kline (2016): $(-1,190 \leq Y_1 \leq ,282)$, $(-1,302 \leq Y_2 \leq 1,038)$. Lo anterior, permite establecer que es procedente continuar con el tratamiento de los datos estadísticos.

Por otro lado, según (Pituch & Stevens, 2017) para aplicar un ANCOVA se debe revisar dos supuestos:

1. La relación entre la variable dependiente y la covariable debe ser lineal.
2. Homogeneidad de las pendientes de regresión (para una covariable), es decir, que la pendiente de la línea de regresión es la misma en cada grupo (p. 309).

Con el fin de evaluar la viabilidad de la aplicación de la prueba ANCOVA se procede a revisar ambas condiciones iniciales.

5.1 Relación Lineal entre la Variable Dependiente y la Covariable.

Para verificar esta condición se aplicó una correlación de PEARSON entre la variable dependiente (logro de aprendizaje) y la covariable (logro previo), obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 7

Coefficiente de Pearson entre la variable dependiente y la covariable.

Variable	Logro de aprendizaje	Significancia
Logro previo	,550	,000

La correlación es significativa en el nivel 0,001 (bilateral).

La tabla 7 muestra que existe una relación de proporcionalidad directa entre el conocimiento previo de los estudiantes y los puntajes obtenidos en la prueba de logro a aprendizaje.

Por otro lado, se procedió a revisar las frecuencias en los resultados de la prueba de conocimientos previos teniendo en cuenta las diferencias individuales del estilo cognitivo.

Tabla 8

Resultados del logro previo según estilo cognitivo de los estudiantes

<i>Variable evaluada: logro previo</i>			
Estilo cognitivo	Media	Desviación estándar	N
Dependientes de campo	1,840	,8129	25
Independientes de campo	2,125	,9192	28

La tabla 8 muestra que los estudiantes independientes de campo en promedio obtuvieron puntajes levemente más altos ($M = 2,125$; $SD = ,9192$) en comparación a los dependientes de campo ($M = 1,840$; $SD = ,8129$). Sin embargo, los resultados en términos generales estuvieron por debajo de desempeño aceptable ($M = 3,0$), lo cual indica que el desarrollo de habilidades específicas de resolución de problemas es muy baja en la mayoría de los participantes.

5.2 Homogeneidad de las Pendientes de Regresión

Para evaluar que la pendiente de línea de regresión entre la variable dependiente y las variables independientes es igual en ambos casos, se aplicó la prueba de varianzas de error de Levene cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 9*Resultados de la prueba de Levene*

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Logro de aprendizaje	Se basa en la media	,485	3	49	,694
	Se basa en la mediana	,479	3	49	,699
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,479	3	47,578	,698
	Se basa en la media recortada	,458	3	49	,713

En este caso, los resultados de los estadísticos de Levene tienen una significancia superior a 0,05 por lo que se asume que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos y por tal motivo es procedente continuar con el ANCOVA.

5.3 Resultados Generales del ANCOVA

Los resultados generales del ANCOVA se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 10*Prueba de efectos inter-sujetos del ANCOVA*

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado
Modelo corregido	9,388 ^a	4	1,633	2,347	,000	,348
Intersección Pre-test	58,413	1	58,275	159,374	,000	,769
Ambiente computacional	6,662	1	6,828	18,176	,000	,275
Estilo cognitivo	,757	1	,346	2,067	,157	,041
Ambiente Computacional	,380	1	,474	1,037	,314	,021
	,028	1	,157	,076	,785	,002

* estilo			
cognitivo			
Error	17,593	48	,367
Total	683,250	53	
Total	26,981	52	
corregido			
a. R al cuadrado = ,348 (R al cuadrado ajustada = ,294)			

Por otro lado, los efectos de las variables independientes sobre el logro de aprendizaje se analizarán en las siguientes secciones.

5.4 Incidencia del Andamiaje Mixto sobre el Logro de Aprendizaje

En esta sección se pretende poner a prueba la siguiente hipótesis: *La presencia de un andamiaje mixto en un ambiente computacional favorece de forma significativa el logro de aprendizaje en estudiantes de diferente estilo cognitivo cuando resuelven problemas de soluciones químicas.*

Los resultados generales del ANCOVA muestran que el tipo de ambiente computacional no generó diferencias significativas en el logro de aprendizaje de los estudiantes ($F = 1,037$; $p = ,314$). De igual forma, el estilo cognitivo no generó un impacto significativo en los resultados del logro de aprendizaje para ambas modalidades del ambiente computacional ($F = 2,067$; $p = ,157$). Sin embargo, las calificaciones de los estudiantes dependientes de campo ($M = 3,500$ $SD = ,7977$) e independientes de campo ($M = 3,750$; $SD = ,7071$) que participaron en el ambiente computacional que incorporaba el andamiaje mixto fueron ligeramente superiores a los que participaron en el ambiente sin andamiaje [(Dependientes, $M = 3,154$; $SD = ,6253$), (Independientes, $M = 3,625$; $SD = ,6784$)]. Así mismo, los estudiantes independientes de campo

obtuvieron mejores puntajes en el logro de aprendizaje que los dependientes de campo para ambas modalidades del ambiente.

Por otro lado, los resultados expresados anteriormente se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 11

Medias para el logro de aprendizaje según el tipo de ambiente computacional y estilo cognitivo.

<i>Variable dependiente: Logro de aprendizaje</i>				
Ambiente computacional	Estilo cognitivo	Media	Desviación estándar	N
	<i>Dependiente</i>	3,154	,6253	13
Sin andamiaje	<i>Independiente</i>	3,625	,6784	12
	<i>Dependiente</i>	3,500	,7977	12
Con andamiaje	<i>Independiente</i>	3,750	,7071	16

5.4 Incidencia del Andamiaje Metacognitivo

En esta sección se pretende evaluar el módulo del andamiaje metacognitivo en los resultados del logro de aprendizaje partiendo de la siguiente hipótesis: *el andamiaje metacognitivo incide de forma significativa en los resultados del logro de aprendizaje en el grupo experimental según su estilo cognitivo.*

En primera instancia, se evaluó si los estudiantes de diferente estilo cognitivo que se fijaron metas de aprendizaje y nivel desempeño más altos obtuvieron mejores puntajes en el logro de aprendizaje. Los resultados del ANCOVA evidencian que a medida que los estudiantes independientes de campo se fijan metas de aprendizaje más altas y se asignan un desempeño más riguroso, obtienen mejores resultados en el logro de aprendizaje, aunque estas diferencias no son

significativas [Meta de aprendizaje ($F = ,358$; $p = ,704$), Desempeño ($F = ,074$; $p = ,929$), Estilo cognitivo ($F = ,079$; $p = ,782$)]. Caso contrario sucede con los dependientes de campo donde no se observa una proporcionalidad entre la meta y el logro de aprendizaje obtenido.

Adicionalmente, los estudiantes tanto dependientes como independientes de campo presentaron una tendencia a seleccionar una meta de aprendizaje intermedia y un nivel de desempeño sobresaliente. Sin embargo, los independientes de campo tienden a presentar percepciones más realistas sobre su meta y nivel de desempeño frente al logro de aprendizaje obtenido. Las medias respectivas para cada grupo se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 12

Logro de aprendizaje vs meta de aprendizaje, nivel de desempeño y estilo cognitivo de los estudiantes

Variable dependiente: logro de aprendizaje

Estilo cognitivo	Meta de aprendizaje	Desempeño	Media	Desviación estándar	N
Dependiente de campo	Básico	Aceptable	3,5		1
		Sobresaliente	3,250	,3536	2
	Intermedio	Sobresaliente	3,438	,9039	8
		Excelente	4,5		1
Independientes de campo	Básico	Aceptable	3,5	,500	3
		Sobresaliente	4,167	,5774	3
	Intermedio	Sobresaliente	3,563	,8210	8
		Avanzado	Sobresaliente	4,0	
		Excelente	4,5		1

En segunda instancia se evaluó si el tiempo dedicado a cada unidad de trabajo incidió sobre el logro de aprendizaje. En términos generales los dependientes de campo tienden a planear más tiempo en su proceso (entre 1 y 3 horas) en comparación con los independientes de campo (entre

1 y 2 horas). Sin embargo, no se observa un efecto de proporcionalidad entre el tiempo planeado y el logro aprendizaje desarrollado. Por otro lado, se muestra una tendencia a mejorar el logro de aprendizaje cuando se planea más tiempo para el caso de los independientes de campo.

Tabla 13

Logro de aprendizaje vs tiempo de planeación y estilo cognitivo

<i>Variable dependiente: logro de aprendizaje</i>				
Estilo cognitivo	Tiempo planeado	Media	Desviación estándar	N
Dependiente de campo	1 hora	3,667	,2887	3
	1,5 horas	4,500		1
	2 horas	2,750	,2887	4
	2,5 horas	2,500		1
	3 horas	4,333	,2887	3
Independiente de campo	1 hora	3,714	,4880	7
	1,5 hora	4,375	,2500	4
	2 horas	3,000	,7071	4
	2,5 horas	4,500		1

En tercera instancia se evaluó si el nivel de satisfacción de la meta de aprendizaje seleccionada estaba acorde con el logro de aprendizaje obtenido. Los resultados evidencian que los estudiantes se evaluaron de forma consecuente según sus puntajes. Sin embargo, se registra

una mayor rigurosidad en los independientes de campo frente a los juicios de autoeficacia [(Muy satisfecho, $M = 4,250$; $SD = ,4182$), (Satisfecho, $M = 3,917$; $SD = ,3764$)].

Tabla 14

Logro de aprendizaje vs percepción frente a la meta de aprendizaje planeada

<i>Variable dependiente: logro de aprendizaje</i>				
Estilo cognitivo	Percepción frente a la meta de aprendizaje	Media	Desviación estándar	N
		Dependiente de campo	Muy satisfecho	
	Satisfecho	3,786	,6986	7
	Poco satisfecho	2,500	,0000	2
Independientes de campo	Muy satisfecho	4,250	,4183	6
	Satisfecho	3,917	,3764	6
	Poco satisfecho	2,833	,2887	3
	Nada satisfecho	2,500		1

Por último, se verificó si el nivel de satisfacción frente al desempeño estuvo acorde con el logro de aprendizaje obtenido. Los resultados evidencian que tanto dependientes como independientes de campo se evaluaron de forma consecuente con sus puntajes en el logro de aprendizaje obtenido.

Tabla 15

Nivel de percepción frente al logro de aprendizaje obtenido

<i>Variable dependiente: Logro de aprendizaje</i>				
Estilo cognitivo	Percepción frente al desempeño	Media	Desviación estándar	N
Dependiente de campo	Muy satisfecho	4,000	,8660	3
	Satisfecho	3,900	,4183	5
	Poco satisfecho	2.625	,2500	4
Independiente de campo	Muy satisfecho	4,250	,5000	4
	satisfecho	4,000	,3780	8
	Poco satisfecho	2,667	,2887	3
	Nada satisfecho	3,00		1

5.5 Incidencia del andamiaje procedimental

Con el fin de evaluar la hipótesis: *El andamiaje procedimental incide de forma significativa en los resultados del logro de aprendizaje favoreciendo de forma diferencial a los estudiantes según su estilo cognitivo*, a los participantes durante su proceso de reflexión se les preguntó con qué frecuencia utilizaron el módulo del andamiaje procedimental. Los efectos de este andamiaje sobre el logro de aprendizaje se muestran a continuación.

Tabla 16*Frecuencia de uso del andamiaje procedimental según estilo cognitivo*

<i>Variable dependiente: logro de aprendizaje</i>				
Estilo cognitivo	Frecuencia de uso del andamiaje procedimental	Media	Desviación estándar	N
Dependiente de campo	A veces	3,6	,7416	5
	Casi siempre	3,5	1,4142	2
	Siempre	3,4	,8216	5
Independientes de campo	Nunca	3,5		1
	Casi nunca	3,5	1,0	3
	A veces	3,5	,50	3
	Casi siempre	3,5	,9129	4
	Siempre	4,3	,2739	5

Los datos revelan que los estudiantes independientes de campo hicieron mayor uso del andamiaje procedimental (se presenta una mayor frecuencia en las opciones casi siempre y siempre) por lo cual, obtuvieron mejores puntajes en el logro de aprendizaje. Sin embargo, no se evidencia un efecto significativo diferencial de la frecuencia de uso del andamiaje sobre el logro obtenido ($F = ,639$; $p = ,719$), de tal forma que benefició equitativamente a los estudiantes independientemente de su estilo cognitivo.

Capítulo 6: Conclusiones de la Investigación

6.1 Discusión y Conclusiones

La discusión sobre los resultados obtenidos se efectuará respondiendo cada una de las preguntas de investigación.

¿Cuál es el efecto de un andamiaje mixto (metacognitivo y procedimental) sobre el logro de aprendizaje en estudiantes de educación media que interactúan en un entorno computacional para resolver problemas sobre soluciones químicas?

Los datos recopilados demuestran que el andamiaje mixto no tuvo un efecto diferencial significativo en el logro de aprendizaje de los estudiantes del grupo experimental en comparación con el grupo de control. En primera instancia, es posible afirmar que la modalidad fija del andamiaje generara estos resultados ya que no se adaptó a las necesidades individuales de los estudiantes, ni configuró los contenidos a la planeación seleccionada. Esta conclusión se alinea con los resultados de Azevedo et al. (2006) quien explica que los ambientes hipemediales parecen ser ineficaces cuando se les proporcionan andamiajes fijos (por ejemplo un listado de submetas específicas de dominio), lo que genera cambios más pequeños en sus modelos mentales y menores ganancias en el conocimiento declarativo. Así mismo, Azevedo, Cromley, Winters, Moos, Levin y Fried (2004) explican que los andamiajes fijos tienden a generar resultados más bajos en tareas de modelamiento mental, una habilidad necesaria en la resolución de problemas.

Por otra parte, Kim, Belland, y Walker (2018) explican que los andamiajes que son personalizables producen tamaños de efecto más altos en comparación de aquellos que no se presentan esta característica. Esto se alinea con investigaciones donde se explica que múltiples formas de andamios que no tienen en cuenta las necesidades actuales de los estudiantes y su

estado de aprendizaje pueden ser menos eficaces (Aleven y Koedinger 2002; Azevedo y Hadwin 2005; Baylor y Kim 2005, citados por Kim, Belland & Walker, 2018 p. 415).

En segunda instancia, se sugiere que el andamiaje no generó esa transferencia de responsabilidad esperada en los estudiantes, dado que, por ejemplo, ninguno de los módulos de este apoyo educativo estaba disponible al momento de realizar la evaluación final de aprendizaje. En efecto, Párraga y Toro, (2016) registraron un efecto similar donde, el andamiaje metacognitivo no generó efectos significativos diferenciales entre grupos de experimentación, dado al escaso tiempo de interacción de los aprendices con los módulos del andamiaje impidiendo esa transferencia de responsabilidad esperada.

En tercera instancia, algunos estudiantes durante la prueba del logro de aprendizaje presentaron dificultades en la identificación de variables y sus relaciones de proporcionalidad cometiendo errores, por ejemplo, en la aplicación de las fórmulas y en la identificación de los elementos de una solución. De forma similar, Molenaar, Van Boxtel, y Sleegers, (2009) y Molenaar, Ming, Sleegers y Van Boxtel (2011) mencionan que la aplicación de andamiajes metacognitivos no generaron efectos significativos en el conocimiento del dominio de los estudiantes. Adicionalmente, Botía (2016) menciona que gran parte de los andamiajes de tipo metacognitivo se centran en el paso a paso para mejorar el logro de aprendizaje pero excluyen el conocimiento sobre las propias forma de aprender. Así mismo, Acevedo, Moos y Greene (2007) mencionan que los andamios orientados a procesos no generan diferencias significativas en el desarrollo del pensamiento estratégico. De igual forma Taub, Azevedo, Bouchet y Khosravifar (2014) explican que la aplicación de andamiajes orientados al establecimiento de juicios metacognitivos no genera diferencias significativas en el uso de estrategias cognitivas por parte de los estudiantes.

Sin embargo, los estudiantes que interactuaron con el ambiente computacional que incorporaba el andamiaje mixto obtuvieron en promedio mejores puntajes en el logro de aprendizaje. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Valencia (2018), López y Valencia (2012) en donde la implementación de andamiajes de tipo metacognitivo y autorregulador favorecen el proceso de aprendizaje mediado por ambientes computacionales ya que permiten a los estudiantes activar sus conocimientos previos, planear sus actividades de estudio y monitorear su aprendizaje. Adicionalmente, Azevedo, Cromley, Winters y Moos (2004) explican que los estudiantes que no reciben andamiajes son menos eficaces en la regulación de su aprendizaje y por ende tienden a mostrar una variabilidad durante la actividad de construcción del conocimiento. Así mismo, Párraga y Toro (2016) mencionan que la aplicación de andamiajes metacognitivos genera mejores puntajes en el logro de aprendizaje al solucionar problemas matemáticos dado que mejoran el conocimiento declarativo y la conciencia metacognitiva.

Por otro lado, el andamiaje metacognitivo permitió generar una expectativa de aprendizaje al fijar una meta y un desempeño asociado, hecho que no sucede en la instrucción convencional, donde los propósitos y desempeños se presentan de forma predeterminada para todas las unidades de estudio. Además, como el ambiente computacional les permitía a los estudiantes revisar de forma constante sus notas, también pudieron actualizar su planeación al momento de ingresar a las unidades estudio lo que les permitió monitorear su progreso conforme avanzaban en su proceso de aprendizaje.

Respecto al andamiaje procedimental, enfocó la atención de los participantes en la identificación de elementos clave del problema (por ejemplo conceptos asociados, identificación de variables y condiciones del problema). Así mismo, simplificó la tarea de estudio al hacer

evidente la variable solicitada y los procedimientos para llegar a la respuesta. Sin embargo, los efectos de ambos módulos sobre el logro de aprendizaje no fue el esperado.

¿Existen diferencias significativas en el logro de aprendizaje entre estudiantes de diferente estilo cognitivo cuando interactúan en un entorno computacional para resolver problemas de soluciones químicas?

Los resultados concluyen que el estilo cognitivo no generó un efecto diferencial significativo en los resultados obtenidos en el logro de aprendizaje. En efecto, López, Sanabria y Sanabria (2014) explican que tanto la dimensión social del aprendizaje como el estilo cognitivo no afectan al logro final cuando se interactúa con andamiajes orientados al desarrollo de la autoeficacia académica.

Por otra parte, se puede señalar que en el grupo experimental las diferencias entre los puntajes obtenidos según el estilo cognitivo fueron menores dado que, por ejemplo, los dependientes de campo utilizaron de forma frecuente el módulo procedimental del andamiaje mixto enfocando su atención en la identificación de los elementos del problema (extraer los datos del enunciado, seleccionar la fórmula para determinar la variable solicitada). Así mismo, el módulo metacognitivo les permitió activar habilidades de planificación y monitoreo donde, por ejemplo, se evidenció un mayor tiempo planeado para el desarrollo de las actividades de aprendizaje en comparación a los independientes de campo. Estos resultados son similares a los obtenidos por López, Hederich y Camargo (2012), donde los dependientes de campo se beneficiaron del andamiaje metacognitivo dado que guio y dirigió la atención de los aprendices hacia el monitoreo y control de su proceso de aprendizaje de tal forma que ajustaron sus estrategias de estudio. Adicionalmente, An y Cao (2014) mencionan que los andamiajes metacognitivos

facilitan los procesos de resolución de problemas dado que ayuda a los estudiantes a monitorear y evaluar su progreso, evitar la procrastinación y utilizar el tiempo de forma efectiva.

Por otro lado, los independientes de campo obtuvieron en promedio mejores calificaciones en el logro de aprendizaje ya que exhiben mayores niveles de autoeficacia (López & Triana, 2013), tienden a ser más autorregulados (López & Valencia, 2012), se formulan metas de aprendizaje más exigentes (López, Sanabria, & Sanabria, 2014), son más precisos en asignar dichas metas y presentan una motivación intrínseca hacia el aprendizaje (López, Ibañez, & Chiguasuque, 2014). En efecto, para el grupo experimental, se evidenció que 50% de los dependientes e independientes de campo, se formularon metas de aprendizaje en el nivel intermedio con un desempeño sobresaliente. Sin embargo, a diferencia de los dependientes de campo, los independientes fueron más precisos al asignar y evaluar su meta de aprendizaje respecto a los resultados del logro obtenido. Es importante resaltar que el andamiaje metacognitivo permitió al estudiante monitorear su proceso de aprendizaje, ajustando la configuración de la planeación a medida que se ingresaba en cada unidad de trabajo o al revisar el módulo de notas. Adicionalmente, al finalizar la intervención, al estudiante se le mostró toda la configuración de su proceso para que evaluara de forma objetiva su progreso. En efecto, esta posibilidad llevó por ejemplo, a que los independientes de campo fueran más precisos en su autoevaluación y los dependientes de campo generaran un nivel de satisfacción frente a su proceso de aprendizaje.

Por otra parte, con relación a los resultados de la prueba de conocimientos previos, se evidenció que los independientes de campo presentaron mejores calificaciones en contraste con los dependientes de campo. Así mismo, se registró una relación proporcional de los conocimientos previos con el logro de aprendizaje lo que supone que si un estudiante presenta una estructura cognitiva previa más adaptada para abordar un nuevo tema, le es más fácil

aprender sus conceptos y procedimientos asociados (en este caso las relaciones en porcentaje y proporcionalidad). En efecto, Mousavi, Radmehr, & Alamolhodaei (2012) concluyen que los estudiantes que tienen un alto conocimiento previo pueden disminuir la sobrecarga en la memoria de trabajo (encargada de procesar la información) en situaciones de resolución de problemas.

6.2 Limitaciones

Es importante resaltar que el tamaño de la muestra se redujo dada la dificultad que presentaron algunos estudiantes al realizar el trabajo 100% virtual. Este hecho también estuvo asociado a la falta de dispositivos tecnológicos para ingresar de forma asincrónica a la página web y a las sesiones sincrónicas aclaratorias. Quizás una muestra, pudo generar efectos significativos en el uso de andamiaje, al menos entre grupos de experimentación.

Por otro lado, fue mas complejo aplicar le test de figuras enmascaradas para la determinación del estilo cognitivo, dado que los estudiantes debían imprimir de sus propios medios las fichas lo que generó que algunos estudiantes presentaran la prueba en diferentes momentos.

Por otro lado, a pesar de que el diseño de los ambientes computacionales era totalmente responsive, algunos elementos como los videos explicativos o el andamiaje procedimental pudieron no tener el mismo efecto si se visualizaba desde una pantalla de computador.

6.3 Recomendaciones para Futuras Investigaciones

Es importante que, al momento de diseñar andamiajes computacionales, estos puedan adaptarse a las condiciones individuales de los estudiantes de tal forma que se reduzca la distancia entre el nivel inicial del aprendiz y el nivel de conocimiento que se desea desarrollar. Este hecho puede

brindar estrategias más efectivas y cercanas a sus necesidades. Así mismo, tal como lo menciona Azevedo et al. (2006), un andamiaje que incluye un listado de submetas parece no tener un efecto significativo. Una alternativa frente a esta situación sería construir las metas de aprendizaje a partir de las expectativas y necesidades de los estudiantes, debido a que cuando éstas se diseñan de forma homogénea parecen no tener un sentido práctico para los aprendices. Adicionalmente, para el caso del andamiaje procedimental diseñado en esta investigación, es importante profundizar más sobre diseños orientados a mejorar el procesamiento de la información (por ejemplo, esquemas mentales son subprocessos, verbalización de protocolos, simulación de variables teniendo en cuenta la proporcionalidad y lenguaje simbólico). Por otro lado, es importante adaptar los contenidos según el desempeño que el estudiante exhibe durante la interacción con los ambientes computacionales, de tal forma que, en el caso de un desempeño bajo, las actividades se adapten a estos resultados y se minimice un efecto desmotivador hacia el aprendizaje y específicamente a la resolución de problemas. También es importante tener en cuenta que desde la investigación de Botía (2006) se menciona que la mayoría de los andamiajes computacionales que se utilizan en la investigación educativa, no cumplen con la característica del desvanecimiento y por ende con el principio de responsabilidad mencionado en la zona de desarrollo próximo de Vygotsky. Esta característica podría condicionarse a la propia experiencia del estudiante o a su desempeño en cierta instancia durante su proceso de aprendizaje. Sin embargo, lograr lo anterior supone un mayor conocimiento por parte del instructor o de los expertos que guían la investigación sobre programación ya que sería imprescindible que el ambiente tomara decisiones basadas en el comportamiento del usuario.

Referencias

- Allueva, P. (2002). Conceptos básicos sobre metacognición. En P. Allueva, *Desarrollo de habilidades metacognitivas: programa de intervención, Zaragoza: Consejería de Educación y Ciencia. Diputación General de Aragón*, 59-85.
- Alomyan, H. (2004). Individual Differences: Implications for Web-based. *International Education Journal Vol 4, No 4*, 188-196.
- Azevedo, R., Cromley, J., Fielding, W., & Moos, D. (2004). Designing adaptive scaffolds in hypermedia to facilitate students' self-regulated learning of complex science topics. *Scaffolding and Hypermedia Learning*, 1-46.
- Azevedo, R., Cromley, J., Winters, F., Moos, D., & Greene, J. (2006). Using Computers as MetaCognitive Tools to Foster Students' Self-Regulated Learning. *Cognition and learning* (3), 97-104.
- Azevedo, R., Cromley, J., Winters, F., Moos, D., Levin, D., & Fried, D. (2004). Adaptive scaffolding and self-regulated learning from hypermedia: A developmental study. *Scaffolding and Hypermedia Learning*, 1-29.
- Azevedo, R., Moos, D., & Greene, J. (2007). External Regulating Agents' Adaptive Content and Process Scaffolding: The Key to Fostering Mental Model Development during Hypermedia Learning. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 29 (29), 71-76.
- Behnagh, R., Khezri, Z., & Acevedo, R. (2011). An Investigation of Accuracy of Metacognitive Judgments during Learning with an Intelligent Multi-Agent Hypermedia Environment. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 33 (33), 96-101.
- Belland, B. (2017). *Instructional Scaffolding in STEM Education*. New York : Springer.
- Botía, L. (2016). Desarrollo de aprendizaje autónomo mediado por andamiaje computacional-estado del arte. *Universida Pedagógica Nacional, Bogotá*, 38 págs.
- Buitrago, N. (2016). Validación de un andamiaje metacognitivo para favorecer el logro de aprendizaje en estudiantes con diferente estilo cognitivo en la dimensión dependientes e independientes de campo cuando interactúan en un ambiente b-learning. *Universidad pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia*, 158 págs.
- Burgos, S., Ortigón, C., & Ospina, J. (2017). Estilos cognitivos en la dimensión Dependencia-Independencia de campo, Autoconcepto, Autorregulación del aprendizaje y Rendimiento académico de los estudiantes de pregrado de la Universidad Católica de Manizales. *Universidad Católica de Manizales, Manizales, Colombia*, 90 págs.
- Chong, S. H. (2016). Wither the Concepts of Mole and Concentration: Conceptual Confusion in Applying $M1V1 = M2V2$. *Universal Journal of Educational Research* 4(5), 1158-1162.

- Doering, A., & Veletsianos, G. (2007). Multi-scaffolding environment: an analysis of scaffolding and its impact on cognitive load and problem solving. *Journal educational Computing research Vol 32 (2)*, 107-129.
- Domingo, M., & Fuentes, M. (2010). Innovación educativa: experimentar con las tic y reflexionar sobre su uso. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación N° 36*, 171-180.
- Duque. (2020). Ambiente virtual con software motivacional y su efecto en el logro de aprendizaje, el monitoreo del aprendizaje, la gestión del tiempo y el estilo cognitivo en la dimensión DIC. 130 págs.
- Flavell, J. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. En: L. B. Resnik (ed.). *The nature of intelligence, Hillsdale, N.J.: Erlbaum*, 231-235.
- Frías, E., Chen, S., & Liu, X. (2009). Evaluation of a personalized digital library based on cognitive styles: Adaptivity vs adaptability. *International Journal of Information Management, Vol 29*, 48-56.
- García, J. (1989). Los estilos cognitivos y su medida: estudios sobre la dimensión dependencia-independencia de campo. *Madrid: Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia CIDE*, 21-60.
- Giraldo, L. (2013). Caracterización de los estilos cognitivos de estudiantes de básica primaria de Instituciones Educativas de la comuna 11 de la ciudad de Manizales. *Universidad de Manizales, Manizales*.
- Glaser, R., & Pellegrino, J. (1987). Aptitudes for learning and cognitive processes. En F. E. Weinert y R. H. Kluwe (Eds.): *Metacognition, motivation, and understanding. Hilldale, N. J.:Erlbaum*.
- González, F. (2009). Metacognición y aprendizaje estratégico. *Revista Integra Educativa Vol 2 (2)*, 127-136.
- Goodenough, D., & Karp, S. (1961). Field dependence and intellectual functioning. *Journal of Abnormal and Social Psychology, 63*, 241-246.
- Hadwin, A., & Winne, P. (2001). CoNoteS2: A software tool for promoting self-regulation. *Educational Research and Evaluation, 7 (2)*, 313-334.
- Hederich, C. (2004). Estilo cognitivo en la dimensión de Independencia-Dependencia de Campo. Influencias culturales e implicaciones para la educación. *Tesis doctoral inédita. Departamento de Psicología Evolutiva, Básica y de la Educación. Universidad Autónoma de Barcelona*.
- Hederich, C. (2007). Estilo cognitivo en la dimensión de dependencia-independencia de campo: influencias culturales e implicaciones para la educación. *Fondo Editorial Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá*.

- Hederich, C., & Camargo, Á. (1998). Estilos cognitivos como modalidades de procesamiento de la información. *Universidad Pedagógica Nacional, División de Gestión de Proyectos, Centro de Investigaciones - COLCIENCIAS*.
- Hederich, C., & Camargo, Á. (2000). Estilos cognitivo y Logro académico en la ciudad de Bogotá. *Revista de la Universidad pedagógica Nacional N° 40-41*, 1-23.
- Hederich, C., & Camargo, Á. (2001). Estilos Cognitivos en el Contexto Escolar. *Universidad Pedagógica Nacional CIUP, Bogotá*.
- Hederich, C., & Camargo, Á. (2010). Estilo cognitivo y logro educativo en la ciudad de Bogotá. *Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, -IDEP*.
- Hederich, C., Camargo, Á., & López, O. (2015). Amadís: un andamiaje para el desarrollo de la autorregulación en la educación virtual, V. 1a. ed. *Universidad Pedagógica Nacional, Colciencias, Grupo de Estilos Cognitivos*, 108 págs.
- Huertas, A., & López, O. (2012). Andamiaje Metacognitivo para la búsqueda de la información (Ambi): Una propuesta para mejorar la consulta en línea. *Papeles Vol 11.*, 48-60.
- Huertas, A., López, O., & Sanabria, L. (2018). Effect of a Metacognitive Scaffolding on Information Web Search. *The Electronic Journal of e-Learning*, 16(2), 91-106.
- Hurtado, G. (2017). . Análisis comparativo en el logro de aprendizaje, las actitudes y la permanencia de los aprendizajes de tres estrategias didácticas de enseñanza de la química y su interacción con el estilo cognitivo en la dimensión Dependencia-Independencia de campo DIC. *Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia*, 387 págs.
- Ismail, N., Ismail, K., & Mohamad, N. S. (2015). The Role of Scaffolding in Problem Solving Skills among Children. *International Proceedings of Economics Development and Research Vol. 85*, 154-158.
- Jonassen, D. (2000). Toward a design theory of problem-solving. *Educational Technology: Research and Development*, 48, 63-85.
- Kim, N. J., Belland, B. R., & Walker, A. E. (2018). Effectiveness of Computer-Based Scaffolding in the Context of Problem-Based Learning for Stem Education: Bayesian Meta-analysis. *Educ Psychol Rev* 30, 397-429.
- Kline, R. B. (2017). *Principles and Practice of structural equation modeling*. New York: The Guilford Press.
- Lambert, T. (1981). Effects of structure in pre-instructional strategies on memory for sentences in field dependent individuals. *Dissertation Abstracts International*, 42.
- López, O., & Triana, S. (2013). Efecto de un activador computacional de autoeficacia sobre el logro de aprendizaje en estudiantes de diferente estilo cognitivo. *Revista Colombiana de educación N° 64*, 225-244.

- López, O., & Valencia, N. (2012). Diferencias individuales en el desarrollo de la autoeficacia y el logro académico: el efecto de un andamiaje computacional. *Acta Colombiana de psicología, Vol 15 (2)*, 29-41.
- López, O., Hederich, C., & Camargo, A. (2011). Estilo cognitivo y logro académico. *Educación y Educadores, 14(1)*, 67-82.
- López, O., Hederich, C., & Camargo, Á. (2012). Logro de aprendizaje en ambientes hipermediales: andamiaje autorregulador y estilo cognitivo. *Revista Latinoamericana de Psicología, vol. 44 (2)*, 13-26.
- López, O., Ibañez, J., & Chiguasuque, E. (2014). El estilo cognitivo y la fijación de metas de aprendizaje en ambientes computacionales. *Pensamiento psicológico Vol 12 (1)*, 133-148.
- López, O., Sanabria, L., & Sanabria, M. (2014). Logro de aprendizaje en ambientes computacionales: autoeficacia, metas y estilo cognitivo. *Psicología desde el caribe, Vol 31*, 475-494.
- Martínez, J., Sanabria, L., & López, O. (2016). Relaciones entre logro de aprendizaje, automonitoreo, estilo cognitivo y estilos de aprendizaje en estudiantes de medicina. *Praxis & saber Vol 7 (14)*, 141-164.
- Mihindo, W. J., Wachanga, S., & Anditi, Z. O. (2017). Effects of Computer-Based Simulations Teaching Approach on Student's Achievement in the Learning of Chemistry among Secondary School Students in Nakuru Sub County, Kenya. *Journal of Education and Practice Vol. 8 (5)*, 65-75.
- Molenaar, I., Ming, C., Slegers, P., & Van Boxtel, C. (2011). Scaffolding of small groups' metacognitive activities. *Computer-Supported Collaborative Learning 6*, 601-624.
- Molenaar, I., Van Boxtel, C., & Slegers, P. (2009). Metacognitive scaffolding in an innovative learning. *Instructional Science 39*, 785-803.
- Montoya, D., Tabora, J., & Dussán, C. (2013). Caracterización de los estilos cognitivos en la dimensión de dependencia-independencia de campo en estudiantes de último de formación de los programas de licenciatura de la Universidad de Caldas – período 2013. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, Vol. 9 (2)*, 135-160.
- Mousavi, S., Radmehr, F., & Alamolhodaei, H. (2012). El papel de los deberes y conocimientos previos matemáticos en la relación entre el rendimiento matemático, estilo cognitivo y capacidad de memoria de trabajo de los alumnos. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology, vol. 10 (3)*, 1223-1248.
- Mulbar, U., Rahman, A., & Ahmar, A. (2017). Analysis of the ability in mathematical problem solving based in SOLO taxonomy and cognitive style. *World Transactions on Engineering and Technology Education Vol 15 (1)*, 68-73.
- Newell, A., & Simon, H. (1972). Human Problem Solving. *Englewood Cliffs, NJ., Prentice Hall.*

- Nickerson, R., Perkins, D., & Smith, E. (1985). *The teaching of the thinking*. Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Nisbet, J., & Shucksmith, J. (1986). *Learning strategies* London: Routledge and Kegan Paul. Trad. cast. de Bermejo, A. *Estrategias de aprendizaje*. Madrid: Santillana.
- Olarte, N., & Peña, L. (2016). Resolución de problemas de estructura multiplicativa desde la teoría de campos conceptuales y cantidades intensivas en ambientes de aprendizaje web. *Universidad Pedagógica Nacional*, 225 pags.
- Palomar, M. (2009). Ventajas e Inconvenientes de las TIC en la Docencia. *Revista Digital Innovación y Experiencias Educativas N° 45*, 33-43.
- Parolo, M., Barbieri, L., & Chrobak, R. (2004). La metacognición y el mejoramiento de la enseñanza de química Universitaria. *Enseñanza de las Ciencias 22 (1)*, 79-92.
- Párraga, I., & Toro, O. (2016). Andamiajes Metacognitivos en Aprendizaje Autorregulado Para Fortalecer Destrezas en la Solución de Problemas Matemáticos en Estudiantes de Básica Primaria. *Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá*, 110 págs.
- Paz, H. (2011). ¿Cómo desarrollar la metacognición en la educación superior mediante la resolución de problemas? *Ingeniería e Investigación Vol 31 (1)*, 213-223.
- Perales, J. (1998). La resolución de problemas en la didáctica de las ciencias experimentales. *Revista Educación y pedagogía Vol X N° 21*, 119-144.
- Pituch, K., & Stevens, J. (2017). *Applied multivariate statistics for the social sciences*. New York: Routledge.
- Polya, G. (1989). *Como plantear y resolver problemas*. México: Decimoquinta edición.
- Portolés, J., & San José, V. (2008). Conocimientos y procesos cognitivos en la resolución de problemas de ciencias: consecuencias para la enseñanza. *Magis, Revista Internacional de Investigación en Educación Vol 1*, 147-162.
- Pronapichat, P., Wongwanich, S., & Sujiva, S. (2014). An analysis of elementary school students' difficulties in mathematical problem solving. *Procedia - Social and Behavioral Sciences 116*, 3169 – 3174.
- Rodríguez, S. (2015). Influencia de la metodología ABP sobre la autoeficacia y el logro académico en estudiantes con diferentes estilos cognitivos. *Universidad pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.*, 145 págs.
- Sawa, H. (1966). Analytic thinking and synthetic thinking. *Bulletin of Faculty of Education, Nagasaki University, 13*, 1-16.
- Scherer, R., & Rüdiger, T. (2012). Factors of problem-solving competency in a virtual chemistry environment: The role of metacognitive knowledge about strategies. *Revista Computers and Education, Volumen 59*, 1199-1214.

- Solórzano, J., & López, O. (2019). Efecto diferencial de un andamiaje metacognitivo en un ambiente e-learning sobre la carga cognitiva, el logro de aprendizaje y la habilidad metacognitiva. *Revista Suma Psicológica* 26(1), 37-45.
- Tabak, I. (2004). Synergy: A compliment to emerging patterns of distributed scaffolding. *The Journal of the Learning* 13 (3), 217-233.
- Tannenbaum, R. (1982). An investigation of the relationship(s) between selected instructional strategies and identified field dependent and field independent cognitive styles as evidence among high school students enrolled in studies of nutrition. *Dissertation Abstract International*, 43-68.
- 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* (39), 356-367.
- Tesouro, M. (2006). Enseñar a aprender a pensar en los centros educativos, incluso en las actividades de evaluación. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 9 (1), 1-14.
- Tinajero, C., & Páramo, M. (2013). El estilo cognitivo dependencia independencia en el proceso de enseñanza aprendizaje. *Revista Colombiana de Educación* vol 64, 57-78.
- Tinajero, C., Castelo, A., Guisande, A., & Páramo, F. (2011). Adaptive Teaching and Field Dependence-Independence: Instructional Implications. *Revista Latinoamericana de Psicología*, Vol. 43 (3), 497-510.
- UNESCO. (2015). Declaración de Quindao, Aprovechar las oportunidades digitales, Liderar la transformación de la educación. *Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000233352>*.
- Ureña, S., & Cooper, M. (2010). Evaluación y desarrollo de la metacognición en la enseñanza de la química. *Ciencia y Tecnología* Vol 26 (1 y 2), 47-57.
- Valencia, N. (2018). Autoeficacia académica, capacidad metacognitiva, logro de aprendizaje y estilo cognitivo en ambientes e-learning. bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Valencia, N., López, O., & Sanabria, L. (2019). Effect of a metacognitive scaffolding on self-efficacy, metacognition, and achievement in e-learning environments. *Knowledge, Management and E-Learning*, 11 (1), 1-19.
- Van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in Teacher–Student Interaction: A Decade of Research. *Educ Psychol Rev* (22) , 271-296.
- Vargas, W. (2016). Validación y adaptación de la versión digital del test CEFT de estilos cognitivos en la dimensión dependencia e independencia de campo. *Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia*, 182 págs.

- Vásquez, D., Espiñeria, E., & López, V. (2017). Impacto del uso de estrategias metacognitivas e la enseñanza de las matemáticas. *Perfiles educativos Volumen 39 (158)*, 91-111.
- Vélez, A. (2013). Estilos cognitivos y estilos de aprendizaje, una aproximación a su comprensión. *Universidad de Manizales, Colombia*.
- Witkin, H. (1950). Individual differences in the case of perception of embedded figures. *Journal of personality, No. 19*, 1-16.
- Witkin, H., & Asch, S. (1948). Studies in Space Orientation. III Perception of the Upright in the Absence of a Visual Field. *Journal of Experimental Psychology, 38*, 603-614.
- Witkin, H., & Goodenough, D. (1981). Cognitive styles: essence and origins. Field dependence and field independence. *Psychol Issues*, 1-141.
- Witkin, H., Moore, C., Goodenough, D., & Cox, P. (1977). Field dependent and field independent cognitive styles and their educational implications . *Review of Educational Research, 47*, 1-64.
- Wood, D., Bruner, J., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 17*, 89-100.

Apéndice A: Encuesta sobre Reflexión del aprendizaje

Subescala de planeación

1. Después de completar las unidades de aprendizaje sobre soluciones químicas ¿Qué tan satisfecho estás frente al cumplimiento de la meta de aprendizaje seleccionada?

Muy
satisfecho



Nada
satisfecho

2. Frente a las calificaciones de tu proceso de aprendizaje ¿Cuál es tu nivel de satisfacción?

Muy
satisfecho



Nada
satisfecho

3. ¿Cómo calificarías tu nivel de desempeño frente a tu proceso de aprendizaje?

- a) Excelente
- b) Sobresaliente
- c) Aceptable
- d) Insuficiente

4. ¿Consideras que el tiempo dedicado a la realización de las actividades de aprendizaje fue pertinente?

Totalmente
de acuerdo



Totalmente
en desacuerdo

Subescala Recursos del ambiente

5. ¿Con qué frecuencia utilizaste la evaluación de prueba?

- a) Nunca
- b) Casi nunca
- c) A veces
- d) Casi siempre
- e) Siempre

6. ¿Con qué frecuencia leíste y utilizaste los pasos para resolver un problema? (Compresión del problema, Concepción de un plan, Ejecución del plan y Visión retrospectiva).

- a) Nunca
- b) Casi nunca
- c) A veces
- d) Casi siempre
- e) Siempre