

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN APLICADAS A LA EDUCACIÓN

APRENDIZAJE COOPERATIVO, LOGRO ACADÉMICO Y ANSIEDAD EN
MATEMÁTICAS: EFECTOS DE UN ANDAMIAJE METACOGNITIVO COLABORATIVO

BOGOTÁ, ENERO DE 2024

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN APLICADAS A LA EDUCACIÓN

APRENDIZAJE COOPERATIVO, LOGRO ACADÉMICO Y ANSIEDAD EN
MATEMÁTICAS: EFECTOS DE UN ANDAMIAJE METACOGNITIVO COLABORATIVO

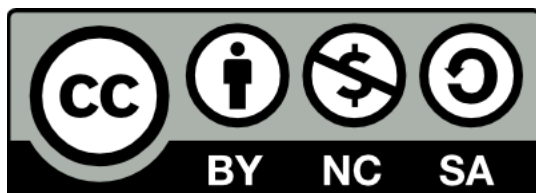
TESIS DE MAESTRÍA PRESENTADA POR
EDGAR FERNANDO VARGAS BUITRAGO
PABLO ALEXANDER TENJO VILLALBA

DIRIGIDA POR Dr. JAIME IBÁÑEZ

BOGOTÁ, ENERO DE 2024

Derechos de autor

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



Este trabajo de grado se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported (CC BY-NC-SA 3.0): de reconocimiento – no comercial – compartir igual, por lo que puede ser distribuido, copiado y exhibido por terceros si se muestra en los créditos. No se puede obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

Agradecimientos

A todas las personas que de una manera u otra hicieron posible esta tesis expresamos nuestro profundo agradecimiento. A Dios, por la vida, por la fortaleza, por la resiliencia que puso en nuestros corazones para superar cada prueba que se presentó. Ciertamente, su ayuda fue un pilar en el logro de este esfuerzo. A nuestras familias, motor de vida e inspiración constante, sin su presencia en nuestras vidas no tendríamos el suficiente impulso para llegar al final de este camino.

Gracias a la universidad por procurar todos los elementos que permitieron la construcción de este documento. A nuestro director de tesis, el doctor Jaime Ibáñez, le damos las gracias y un sincero agradecimiento por la orientación, el tiempo y los consejos proporcionados y su paciencia para guiarnos de forma admirable a la consecución de esta meta.

Por último y no menos importante agradecemos a los profesores, compañeros y amigos que hicieron posible el finalizar este logro, cada uno de ustedes ha puesto una parte de su tiempo de vida para acompañarnos a lograr finalizar esta jornada que ahora es el inicio a nuevos destinos.

Tabla de contenido

Capítulo 1: Presentación de la investigación.....	12
Planteamiento del problema	12
Necesidad de la investigación.....	14
Propósito de la investigación.....	15
Pregunta de investigación.....	16
Hipótesis	16
Objetivo de la investigación	17
Objetivo general.....	17
Objetivos específicos.....	17
Capítulo 2: Marco teórico y estado del arte	18
Aprendizaje cooperativo.....	18
Cooperación versus Colaboración.....	18
Teoría del aprendizaje colaborativo y cooperativo.....	20
Aprendizaje cooperativo.....	23
Aprendizaje cooperativo virtual para la enseñanza de la matemática.....	26
Metacognición.....	28
Andamiajes metacognitivos.....	31
Autonomía y autorregulación grupal.....	34
Teoría de la carga cognitiva.....	37
Ansiedad matemática.....	42
Definición de ansiedad.....	42
Ansiedad matemática y consecuencias.....	43
Ansiedad matemática y carga cognitiva	44
Interacción entre ansiedad matemática y memoria de trabajo.....	45
Ansiedad matemática y Teoría de la carga cognitiva.....	46
Capítulo 3: Metodología.....	47
Diseño de la investigación.....	47
Población y muestra.....	47
Variables.....	48
Instrumentos	49

Cuestionario de Aprendizaje Cooperativo: CAC.....	49
Ansiedad en matemáticas: AMAS.....	51
Carga cognitiva: cuestionario desarrollado por Leppink et al. (2014).....	53
Logro de aprendizaje.....	55
Ambiente computacional colaborativo.....	55
Apariencia gráfica del ambiente computacional colaborativo.....	59
Andamiaje metacognitivo colaborativo.....	61
Procedimiento.....	65
Capítulo 4: Resultados	67
Pruebas de Normalidad.....	68
Pruebas de Homogeneidad de Varianzas.....	70
Análisis de correlaciones.....	72
Correlaciones entre el aprendizaje colaborativo y la ansiedad matemática.....	72
Correlaciones entre el aprendizaje colaborativo y el logro de aprendizaje.	74
Correlaciones entre la ansiedad matemática y el logro de aprendizaje.	76
Correlaciones entre la ansiedad matemática y la carga cognitiva.....	78
Condiciones iniciales.....	80
Cuestionario de Aprendizaje Colaborativo (CAC).....	80
Carga Cognitiva.	81
AMAS.....	83
Logro previo.....	86
Análisis del efecto del andamiaje metacognitivo colaborativo	87
Efecto del andamiaje metacognitivo colaborativo sobre la efectividad del aprendizaje colaborativo.....	87
Efecto del andamiaje metacognitivo colaborativo sobre el logro de aprendizaje en matemáticas.....	90
Efecto del andamiaje metacognitivo colaborativo sobre la ansiedad matemática.	92
Análisis MANCONVA.....	95
Capítulo 5: Discusión y conclusiones	103
Andamiaje metacognitivo colaborativo y efectividad del aprendizaje colaborativo.....	103
Andamiaje metacognitivo colaborativo y logro de aprendizaje en matemáticas	105
Andamiaje metacognitivo colaborativo y la ansiedad matemática	107
Aprendizaje colaborativo y ansiedad matemática	108

Aprendizaje colaborativo y logro de aprendizaje	110
Ansiedad matemática y logro de aprendizaje	112
Ansiedad matemática y carga cognitiva	113
Conclusión.....	115
Referencias	117

Lista de tablas

Tabla 1. Distribución de estudiantes en grupos de trabajo.....	48
Tabla 2. Dimensiones del CAC y confiabilidad.....	49
Tabla 3. Ítems del CAC.....	50
Tabla 4. Dimensiones del AMAS	52
Tabla 5. Ítems de la AMAS.....	52
Tabla 6. Tabla que muestra la relación entre las dimensiones	54
Tabla 7. Ítems de Carga cognitiva.....	54
Tabla 8. Resultados de la Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)	68
Tabla 9. Resultados de la Prueba de Homogeneidad de Varianzas (Levene)	70
Tabla 10. Correlaciones de Spearman entre las subdimensiones del aprendizaje colaborativo y la ansiedad matemática	73
Tabla 11. Correlaciones de Spearman entre el aprendizaje colaborativo y el logro de aprendizaje	75
Tabla 12. Correlaciones de Spearman entre ansiedad matemática y logro de aprendizaje.....	77
Tabla 13. Correlaciones de Spearman entre ansiedad matemática y carga cognitiva.....	79
Tabla 14. Tabla de Fiabilidad.....	81
Tabla 15. Tabla alfa de Cronbach	82
Tabla 16. Consistencia interna de la AMAS	84
Tabla 17. Índices de ajuste del análisis factorial confirmatorio para el AMAS.....	84
Tabla 18. Correlación entre Ansiedad por Aprendizaje y Evaluación Matemática	85
Tabla 19. Resultados de las pruebas multivariadas (MANOVA)	88
Tabla 20. Resultados univariados (ANOVA)	89
Tabla 21. Resultados de ANCOVA para logro individual.....	91
Tabla 22. Resultados de ANCOVA para logro grupal.....	91
Tabla 23. Resultados de las pruebas multivariadas (MANOVA)	93
Tabla 24. Resultados univariados (ANOVA) para la ansiedad matemática	94
Tabla 25. Resumen de Variables y Relación con Objetivos	95
Tabla 26. Resultados del MANCONVA.....	99

Lista de figuras

Figura 1. Apariencia general de la plataforma.	59
Figura 2. Interfaz Semana 1.	59
Figura 3. Interfaz Semana 1 competencias.....	60
Figura 4. Interfaz Semana 1 Herramientas.....	60
Figura 5. Interfaz de inicio de la Semana 2.....	60
Figura 6. Recomendaciones para el éxito.....	61
Figura 7. Formulario de registro	62
Figura 8. Registro de metas y registros	62
Figura 9. Registro ¿Cómo nos fue este martes?	63
Figura 10. ¿Cómo nos fue este miércoles?.....	64
Figura 11. Preguntas Viernes de reflexión	65
Figura 12. Histograma para Evaluar la Homogeneidad de las Varianzas.	69
Figura 13. Histograma para Evaluar la Homogeneidad de las Varianzas.	71
Figura 14. Gráfico de Dispersión entre Logro Final Individual y Grupal.....	97

Introducción

Las matemáticas se constituyen en uno de los pilares que se deben abordar desde el aprendizaje en la educación básica y dominarla es totalmente necesario para el avance académico de los estudiantes. Sin embargo, una gran cantidad de estudiantes presentan inconvenientes en mayor o menor medida relacionados con la ansiedad matemática que pueden incidir y tener repercusiones en el rendimiento y la motivación. La numerosa literatura especializada es clara en señalar como este fenómeno afecta la manera en que los estudiantes enfrentan los problemas matemáticos o su participación en el aprendizaje.

El aprendizaje cooperativo puede ser considerada una estrategia didáctica a explorar para materializar la interacción entre los estudiantes, la cual puede facilitar la exposición de ideas e impulsar la construcción del conocimiento de manera cooperativa. Además, la inclusión de un andamiaje metacognitivo en los procesos del aprendizaje cooperativo puede tener efectos positivos, ya que impulsa a la reflexión por parte de los estudiantes en cuanto al avance que realizan en el aprendizaje y esta reflexión los lleva al terreno de la autorregulación.

La investigación tendrá por foco descubrir los efectos de un curso de resolución de problemas a través de las fracciones, el cual está propuesto para ser empleado por estudiantes de séptimo grado de una Institución Educativa Distrital en Bogotá. Por medio de un enfoque cuasiexperimental, se busca investigar, analizar el andamiaje metacognitivo colaborativo y el efecto que tendría en el aprendizaje académico junto con la ansiedad matemática cuando el ambiente se encuentra mediado por una computadora.

En resumen, la investigación proporciona conocimientos sobre la relación existente entre el aprendizaje cooperativo y la ansiedad en las matemáticas y al mismo tiempo da

respuestas didácticas sobre la enseñanza de las matemáticas, lo que se traduce en estrategias que se puedan aplicar en el aula con el fin de modificar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

Capítulo 1: Presentación de la investigación

Planteamiento del problema

La ansiedad matemática representa un tipo de trastorno causante de tensión e interferencia al momento de manipular números y resolver problemas tanto de la vida académica como en la vida normal en el ámbito de la cualidad, la habilidad o la destreza (Richardson y Suinn, 1972), este trastorno no se debe confundirse con la discalculia del desarrollo (Carey et al., 2017), el cual es una dificultad en el aprendizaje de las habilidades aritméticas básicas que impacta el nivel de rendimiento escolar. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2013) en un informe del año reporta un 33% de estudiantes de 15 años resultaron afectados por este fenómeno en el contexto de la presentación de las pruebas PISA del 1012.

La ansiedad generada en los estudiantes por las matemáticas según varios estudios (Rivas, 1997; Contreras et al., 2005; Carey et al., 2017; Gunderson et al., 2018) determino que centraron sus esfuerzos en la dificultad que presentaba la tarea, en lugar de enfocarse en conseguir el dominio académico de la disciplina, lo que a la larga genero un círculo vicioso ya que no se generaron las habilidades matemáticas necesarias lo que genero un bajo nivel de autoeficacia, lo que a su vez llevo a generar ansiedad matemática generando un bajo rendimiento académico y de nuevo elevando el nivel de la ansiedad matemática. Uno de los efectos secundarios de la ansiedad matemática es la disminución de la memoria de trabajo, así lo mostraron Ashcraft y Kirk (2001) observaron que las personas con una alta ansiedad matemática tienen una alta reducción en la memoria de trabajo, aumentando cuando deben realizar tareas que tienen relación con el cálculo, además en ellos se observan

aumentos significativos en el tiempo de reacción y en el número de errores cuando la memoria es sobrecargada. Ashcraft y Krause (2007) en sus registros encontraron que la ansiedad debilita la capacidad de mantener la información en la mente además de interferir con la memoria.

Una vez identificados en la literatura existente las dificultades de la ansiedad matemática y sus consecuencias, se plantea la necesidad de impulsar procesos metacognitivos desde la ciencia cognitiva que ayuden a los estudiantes para superar la ansiedad. Las habilidades metacognitivas según la literatura especializada (Sanabria et al., 2015; Thiede et al., 2003), tienen un gran potencial de incidir en el rendimiento académico y aumentar la probabilidad de cumplir con los objetivos que se han fijado los estudiantes en cuanto al aprendizaje (Hacker et al., 2009). Si bien se identifica un aporte positivo de las estrategias metacognitivas aún existe un vacío que requiere investigación (Flavell, 1979; Zimmerman y Moylan, 2009; Sanabria et al., 2015) de estas estrategias en el efecto a largo plazo de su aplicación continua para el desarrollo de habilidades y de la autorregulación en entornos virtuales de aprendizaje.

Revisando otras posibilidades, en el aprendizaje colaborativo, se propone crear ambientes que se centren en “el valor constructivo de la interacción sociocognitiva y la coordinación entre los aprendices” (Roselli, 2011). Un gran número de investigaciones (Barkley et al., 2012; Slavin, 1990; Johnson y Cols., 1991; Natasí y Clements, 1991; Cuseo, 1992; Millis y Cottell, 1998; Springer et al., 1998; Johnson et al., 2000), han evidenciado lo beneficioso que puede ser el uso este enfoque en la enseñanza de las matemáticas, estas investigaciones han demostrado resultados altamente alentadores en el contexto académico-cognitivo, así como en lo social-emocional, en áreas como matemáticas, lectura, lengua y literatura, ciencias sociales y ciencias naturales. Sin embargo, falta revisar con mayor

profundidad como las emociones y la carga cognitiva funcionan en estos escenarios de colaboración, dejando de lado las condiciones ideales que reducirían la carga extrínseca y mejorarían la colaboración (Sweller et al., 2011; Knörzer et al., 2016; Plass et al., 2014).

Con el anterior contexto, nos preguntamos si al implementar un andamiaje metacognitivo colaborativo, en un ambiente virtual, podemos obtener efectos significativos en el aprendizaje colaborativo, el logro de aprendizaje o a la ansiedad matemática, o por si el contrario, encontremos una incidencia no significativa o quizás afectemos negativamente la memoria de trabajo.

Necesidad de la investigación

Esta investigación se origina en la preocupación por el desempeño académico de los estudiantes en las matemáticas, que históricamente ha sido difícil para niños, jóvenes y adultos. Se ha identificado a la ansiedad matemática como un agente que afecta de forma negativa el desempeño académico, generar brechas en la capacidad de aprendizaje y la apropiación de conceptos matemáticos. La afectación de esta ansiedad no solo afecta al individuo, también incide en las dinámicas grupales, donde se hace necesario fomentar la interacción y crear redes de apoyo entre compañeros para lograr la consecución de las metas académicas.

Los entornos académicos actuales, cada vez tienen más intermediación tecnológica, sobre todo en cuanto a las nuevas tecnologías de la información se refiere, por tanto, se hace necesario investigar como en las condiciones descritas con anterioridad, la aplicación de un andamiaje metacognitivo puede utilizarse para reducir la ansiedad y fomentar el aprendizaje colaborativo. Fomentar estrategias metacognitivas les permite a los estudiantes

ser conscientes de sus procesos de aprendizaje, que por ende promueve la autorregulación y la autonomía en sus estudios. Pero antes de volcarnos en estos predicamentos se hace necesario abordar dos vacíos subyacentes en el conocimiento actual: el primero, el efecto a largo plazo de los andamiajes metacognitivos en el aprendizaje colaborativo y el desarrollo continuo de habilidades de autorregulación (Flavell, 1979; Zimmerman y Moylan, 2009); el segundo, la relación entre las emociones y la carga cognitiva en contextos colaborativos, lo cual nos puede dar una orientación para mejorar el diseño de las prácticas pedagógicas buscando disminuir la carga cognitiva extrínseca y optimizar el trabajo en equipo (Sweller et al., 2011; Knörzer et al., 2016).

Lo anterior avala la pertinencia de esta investigación, no solo por profundizar en los efectos de la ansiedad matemática en el desempeño académico, sino a su vez por la oportunidad que se genera al abordar y reconocer nuevas prácticas educativas que tengan como pilares el aprendizaje colaborativo y el andamiaje metacognitivo. Ofreciendo a los docentes y educadores herramientas efectivas para enriquecer la práctica educativa, las experiencias de aprendizaje de los estudiantes y generando un espacio inclusivo y con menos ansiedad en las clases de matemáticas.

Propósito de la investigación

La investigación tiene por propósito descubrir y diagnosticar el efecto de un andamiaje metacognitivo implementado en un entorno virtual de aprendizaje considerando aristas del proceso educativo como lo son la efectividad del aprendizaje cooperativo, el logro académico, la ansiedad en matemáticas y la carga cognitiva. La investigación quiere contribuir a la comprensión de como las estrategias metacognitivas mejoran en el estudiante

la experiencia del aprendizaje en las matemáticas donde la ansiedad tiene incidencia y de cómo se generan nuevas estrategias que permitan superar las dificultades emocionales que se presentan a nivel individual y grupal. Se busca con esta investigación generar recomendaciones para optimizar el uso de ambientes virtual de aprendizaje que favorezcan el rendimiento académico y generen beneficios en cuanto a las emociones de los estudiantes.

Pregunta de investigación

La investigación plantea la pregunta: ¿Qué impacto tiene un andamiaje colaborativo metacognitivo incorporado en un ambiente virtual de aprendizaje sobre la efectividad del aprendizaje cooperativo, el logro de aprendizaje, la ansiedad en matemáticas y la carga cognitiva?

Hipótesis

La implementación de un andamiaje metacognitivo colaborativo en un entorno virtual de aprendizaje mejora de manera significativa la efectividad del aprendizaje cooperativo, el rendimiento académico en matemáticas y la reducción de la ansiedad matemática en estudiantes de educación básica, sin perjudicar la memoria de trabajo.

Las hipótesis generales son:

1. La implementación del trabajo cooperativo mejora significativamente el logro de aprendizaje.
2. Los andamios metacognitivos tienen un impacto positivo en el logro de aprendizaje.

3. La ansiedad matemática afecta negativamente el logro de aprendizaje.
4. La carga cognitiva impacta negativamente el logro de aprendizaje.

Objetivo de la investigación

Objetivo general.

Determinar el impacto que tiene un andamiaje metacognitivo colaborativo incorporado en un ambiente virtual de aprendizaje sobre la efectividad del aprendizaje cooperativo, el logro de aprendizaje, la ansiedad en matemáticas y la carga cognitiva.

Objetivos específicos.

1. Diseñar y desarrollar un ambiente virtual de aprendizaje para el trabajo grupal que incorpore un andamiaje metacognitivo colaborativo para el aprendizaje de matemáticas.
2. Identificar el efecto de un andamiaje metacognitivo colaborativo incorporado en un ambiente virtual de aprendizaje sobre la efectividad en el aprendizaje cooperativo en matemáticas, el logro de aprendizaje en matemáticas y la ansiedad matemática.
3. Estudiar las posibles relaciones entre ansiedad, carga cognitiva, efectividad en el aprendizaje cooperativo en matemáticas y logro de aprendizaje.

Capítulo 2: Marco teórico y estado del arte

Aprendizaje cooperativo

Cooperación versus Colaboración.

Es costumbre en escenarios educativos utilizar indistintamente los términos “cooperación” y “colaboración” para referirse a aquellas interacciones en grupos que tienen como objetivo lograr un aprendizaje activo. Si bien este uso indistinto es ampliamente aceptado en la comunidad académica, es menester tener presente que ambos conceptos tienen orígenes epistemológicos y, en consecuencia, prácticos diferentes; de igual manera, se deben llevar estas diferencias al correcto uso en la pedagogía. Procedemos entonces a enunciar las diferencias entre cooperación y colaboración, tanto de manera conceptual como práctica, para abordarlas en implementaciones educativas.

La cooperación tiene como característica principal una forma altamente estructurada que organiza a los estudiantes en pequeños grupos disímiles y define roles y objetivos naturalmente compartidos. Esta división estructurada de tareas pretende garantizar una participación igualitaria de los miembros; claramente, estamos hablando de una interdependencia positiva organizada (Roselli, 2011; Johnson & Johnson, 2009). El docente funciona como un facilitador que supervisa la cohesión grupal y asegura el funcionamiento de las responsabilidades.

De otro lado, encontramos que la colaboración tiene por principio ser un proceso natural y espontáneo a través del cual el conocimiento se va construyendo de manera equitativa y dialógica en la medida en que los participantes se relacionan al interior del

grupo. Mientras que la cooperación requiere de una estructura determinada que proporciona roles predefinidos, la colaboración se articula sobre una sinergia grupal destinada a resolver problemas o desarrollar proyectos desde una perspectiva horizontal (Dillenbourg, 1999; Vygotsky, 1978). Este modelo está diseñado para facilitar la autonomía del estudiante, el cual asume colectivamente el funcionamiento del proceso y los resultados de este mismo.

Desde una perspectiva epistemológica, la cooperación y la colaboración son dos maneras diferentes de entender la naturaleza de los aprendizajes y del papel que tiene la interacción de grupos. La cooperación, anclada en teorías de interdependencia social, como lo exponen Johnson y Johnson (1989), se coloca bien en paradigmas que favorecen la estructuración y la organización. En este sentido, la interacción grupal es un medio para conseguir las metas deseadas y donde la división de roles y la evaluación permiten el funcionamiento del grupo.

En contraposición, la colaboración se entiende desde perspectivas socioconstructivistas como las que muestran Vygotsky (1978) o Doise y Mugny (1981), donde se entiende el aprendizaje como un proceso dialógico y negociado. Esta perspectiva considera que el conocimiento se produce a partir de la interacción entre las perspectivas y que los significados se co-construyen, y, a partir del conflicto sociocognitivo, existe un recorrido para la construcción y superación del egocentrismo cognitivo.

Las diferencias entre cooperación y colaboración se trasladan directamente en su práctica educativa, pues la cooperación es especialmente adecuada para actividades de metas predefinidas y donde se requería de una organización explícita. Los proyectos grupales de tareas diferenciadas son un típico ejemplo pues la división de roles garantiza la participación de todos los alumnos y el seguimiento de su rendimiento individual y colectivo por parte del docente (Slavin, 1995).

Por el contrario, la colaboración se propone como el ideal para situaciones que estimulan la creatividad, la innovación y la resolución de problemas complejos. En este sentido, facilita que los estudiantes negocien roles y tomen decisiones en grupo en función de las necesidades del proyecto o del problema que se está trabajando. La colaboración también constituye una práctica especialmente enriquecedora en el contexto interdisciplinario, pero donde las distintas perspectivas, en lugar de suponer un acceso a la resolución integradora, suponen un intercambio de ideas (Roselli, 2011).

Si bien se presentan diferencia en las prácticas de cooperación y colaboración existen principios básicos que se comparten (interdependencia positiva, interacción grupal). No obstante, son diferentes las estructuras interactivas que generan. La cooperación pone el acento en la existencia de un diseño metodológico meticuloso, a partir de un marco teórico donde se definen roles y tareas que aseguran la equidad y la eficacia, y en comparación, la colaboración mantiene un funcionamiento poco estructurado, de carácter flexible, en el cual la construcción de conocimiento se da en conjunto y de forma espontánea.

Estas dimensiones no se oponen, sino que se complementan y pueden ser utilizadas intencionalmente en el diseño docente. Comprender estas diferencias permite a los docentes escoger o mezclar determinadas fuentes de acuerdo con los objetivos y a las necesidades del contexto docente, logrando, así, mejores resultados educativos tanto individuales como grupales.

Teoría del aprendizaje colaborativo y cooperativo.

El aprendizaje tanto colaborativo como cooperativo tiene su fundamentación en teorías que explican sus dinámicas, sus contribuciones y sus diferencias esenciales. Estos

paradigmas presentan principios comunes, como la interacción grupal y la interdependencia positiva, a la vez que presentan teorías de apoyo concretas que marcan la distinción de sus características y cómo se aplican pedagógicamente. Este apartado estudia las teorías que forman el sustento de estos aprendizajes, a partir de sus similitudes como de las diferencias.

Empecemos con el aprendizaje cooperativo, que está fundamentado por una serie de teorías que indican la importancia de la organización estructurada y la relación entre personas para conseguir que el grupo cumpla los objetivos. Estas teorías indican que la estructura del grupo y la interdependencia positiva puede contribuir en el rendimiento académico, pero al mismo tiempo también en el desarrollo personal de los estudiantes en el grupo.

La Teoría de la Interdependencia Social, basada en el trabajo de Lewin y Deutsch, y ampliada por Johnson y Johnson (2009), sostiene que la identificación de metas en común y la responsabilidad por el trabajo conseguir que el grupo lo lleve a cabo contribuye a aumentar el rendimiento del grupo y también las individualidades. En el fondo de esta teoría está la interdependencia positiva, que significa la interrelación concreta entre el éxito de las personas en función del propio grupo y el propio grupo. Esta interdependencia positiva está en el centro del aprendizaje cooperativo. De aquí derivan cinco elementos básicos de esta teoría: Interdependencia positiva, Responsabilidad individual, Interacción promotora, Habilidades sociales y Procesamiento grupal.

La segunda teoría para fundamentar el aprendizaje cooperativo es el Constructivismo Social, el cual se basa en el trabajo de Vygotsky (1978) y afirma que el aprendizaje se produce en condiciones sociales a partir de los otros. La ZDP (Zona de Desarrollo Próximo) es el concepto que pone de manifiesto el hecho de que los estudiantes pueden llegar a niveles de desarrollo cognitivo muy por encima de su nivel de desarrollo

cuando trabajan junto a los propios compañeros o con tutores más avanzados. Situado en el escenario del aprendizaje cooperativo los estudiantes se constituyen como mediadores en el aprendizaje de sus compañeros, fortaleciendo las habilidades propias y las de sus compañeros.

En el aprendizaje cooperativo, la Teoría de la Dinámica de grupos de Lewin, hace particular énfasis en la importancia de las fuerzas sociales toda vez que inciden en el comportamiento de sus integrantes y en su motivación. En esta teoría los roles deben estar claramente definidos para que la cohesión grupal y la resolución de conflictos aseguren la participación equitativa y un rendimiento sobresaliente.

En la otra esquina encontramos la colaboración, no estructural, la cual se fundamenta en la libertad espontánea y dinámica mediante en donde los participantes construyen el conocimiento a través de una interacción equitativa fundamentada en el diálogo. Mientras que la cooperación requiere de una estructura determinada que proporciona roles predefinidos, la colaboración se articula sobre una sinergia grupal destinada a resolver problemas o desarrollar proyectos desde una perspectiva horizontal (Dillenbourg, 1999; Vygotsky, 1978). Este modelo está diseñado para facilitar la autonomía del estudiante, el cual asume colectivamente el funcionamiento del proceso y los resultados de este mismo.

En el aprendizaje colaborativo la co-construcción del conocimiento hoy ocupa un lugar eminente para lograr el desarrollo cognitivo. En este modelo la autonomía del grupo y la capacidad de sus integrantes para generar soluciones creativas e innovadoras se convierte en un pilar fundamental.

De otro lado, Doise y Mugny en 1981, exponen su teoría del Conflicto Sociocognitivo, según la cual hay un valor intrínseco en las diferencias hoy que los

diferentes miembros del grupo tienen respecto qué situaciones o conceptos puntuales, dado que impulsan el crecimiento intelectual y cognitivo, no solamente de la persona como individuo, sino del grupo. A este fenómeno han denominado Conflicto Sociocognitivo, al cual se atribuye el desarrollo de ejercicios de reflexión y negociación a través que conducen a la modificación de conceptos, a la disminución de brechas y a la profundización de saberes hasta llegar a una comprensión naturalmente compartida.

En adición a lo expuesto, la Teoría de la Cognición Distribuida de Perkins (2001) atribuye el conocimiento al grupo, en lugar de presentarlo como una cualidad única de los individuos. En esta teoría, el conocimiento se encuentra distribuido dentro de los integrantes del grupo y es afectado por las herramientas a las que tiene acceso y por el contexto social en el que se encuentra. De manera que los miembros del grupo realizan aportes, desde sus habilidades y posibilidades propias, para que el grupo funcione como un sistema cognitivo integrado.

Por último, encontramos la Teoría de la Intersubjetividad, la cual tiene sus orígenes en el enfoque sociocultural de Vygotsky, que atribuye al lenguaje y a otros sistemas simbólicos la emergencia de una conciencia compartida a través de la cual el aprendizaje colaborativo atribuye la construcción de significados colectivos a los estudiantes de manera que las diferencias individuales son despreciadas para alcanzar las metas comunes (Roselli, 2011).

Aprendizaje cooperativo.

El aprendizaje cooperativo, basado en estructura claramente definida, que asegura la participación activa y equitativa de los miembros, se establece como un enfoque

pedagógico para grupos pequeños heterogéneos que trabajan por una meta común asegurando siempre (Johnson & Johnson, 2009) la interdependencia positiva, la responsabilidad individual y la interacción promotora.

El aprendizaje cooperativo está basado en un escenario teórico plural que subraya el carácter de la relación del grupo y de la organización estructurada en el aprendizaje. La teoría de la interdependencia social expone que el éxito del grupo radica en sentir que hay metas comunes y que hay una responsabilidad mutua en el grupo. Los factores que pueden derivarse de esta teoría, y que son los que consideramos como esenciales, son: metas comunes, roles complementarios, recursos distribuidos y evaluación grupal e individual. En torno al constructivismo social, los alumnos saltan a la acción ayudándose entre sí para poder vencer sus dificultades de carácter cognitivo. Por otro lado, desde la teoría de la motivación social, Slavin (1995) incluye los aspectos de integración de metas del grupo y recompensa grupal, haciendo hincapié en que la motivación intrínseca y la extrínseca se encuentran muy estimuladas.

El aprendizaje cooperativo está basado en un escenario teórico plural que subraya el carácter de la relación del grupo y de la organización estructurada en el aprendizaje. La teoría de la interdependencia social expone que el éxito del grupo radica en sentir que hay metas comunes y que hay una responsabilidad mutua en el grupo. Los factores que pueden derivarse de esta teoría, y que son los que consideramos como esenciales, son: metas comunes, roles complementarios, recursos distribuidos y evaluación grupal e individual. En torno al constructivismo social, los alumnos saltan a la acción ayudándose entre sí para poder vencer sus dificultades de carácter cognitivo. Por otro lado, desde la teoría de la motivación social, Slavin (1995) incluye los aspectos de integración de metas del grupo y

recompensa grupal, haciendo hincapié en que la motivación intrínseca y la extrínseca se encuentran muy estimuladas.

En el caso del aprendizaje cooperativo, este aprendizaje es más eficaz cuando existen cinco elementos preceptivos: interdependencia positiva, cada estudiante considera que su éxito está vinculado con el del grupo; responsabilidad individual, cada miembro realiza su parte y no el trabajo de los demás; interacción suficiente con efectos promocionales, el estudiante ayuda a los otros miembros a comprender y a resolver problemas, lo cual refuerza el aprendizaje grupal; habilidades adecuadas, la comunicación efectiva, la resolución de conflictos y la negociación representan habilidades aprendidas necesarias para el éxito del grupo; y procesamiento grupal, el grupo reflexiona respecto al funcionamiento y a la dinámica del grupo, lo cual permite la identificación de fortalezas y debilidades.

Resultados de investigaciones han demostrado, en términos generales, que el aprendizaje cooperativo produce efectos positivos en distintas disciplinas y niveles educativos. Herrada y Baños (2018) recomiendan el uso del aprendizaje cooperativo porque favorece la conceptualización y el pensamiento crítico en los estudiantes de cualquier curso. Se han obtenido resultados notables en matemáticas, ciencias naturales u humanidades. El aprendizaje cooperativo también puede utilizarse para integrar a los alumnos con destrezas diferentes, es decir, el pedagogo que promueve el aprendizaje cooperativo genera interacciones entre los diferentes participantes, lo que favorece las interacciones positivas y la igualdad (Perlado Lamo de Espinosa et al., 2019) en vez de actuar para superar o reforzar las desigualdades en el aprendizaje. Además, el aprendizaje cooperativo genera habilidades como la empatía, el liderazgo compartido y la gestión de

conflictos, las cuales son valiosas en el entorno educativo, así como el profesional (García-Rincón de Castro, 2010).

A pesar de que el aprendizaje cooperativo tiene efectos positivos, también tiene sus dificultades, entre las que deben señalarse: la gestión del grupo, la coordinación de los roles y tareas que deben realizarse puede ser compleja, sobre todo en grupos muy numerosos; la evaluación de los miembros, la elaboración de instrumentos que permiten las relaciones entre el rendimiento colectivo y el individual requiere atención; y la formación docente, que es necesario formar a los educadores para el uso y la aplicación de estrategias cooperativas.

Aprendizaje cooperativo virtual para la enseñanza de la matemática.

Se puede entender los ambientes de aprendizaje virtuales como propuestas que hacen uso de herramientas tecnológicas para facilitar el trabajo de los estudiantes tal como se fundamenta en el aprendizaje cooperativo, obviando las barreras espacio temporales. Cuando elementos como la interdependencia positiva o la responsabilidad individual, propios del aprendizaje cooperativo, se suman a una mediación tecnológica se facilita el acceso al aprendizaje y se flexibiliza la manera en la que este ocurre (Herrada & Baños, 2018).

Al acercarnos al aprendizaje de las matemáticas, los ambientes virtuales de aprendizaje facilitan el trabajo conjunto, el intercambio de ideas y la resolución de problemas, es decir, la construcción conjunta de conocimiento. De manera que esta materia, cuyo grado de abstracción es bastante alto, se puede enseñar mediante el aprendizaje colaborativo virtual como instrumento, no solo para alcanzar niveles de comprensión

conceptual elevados sino, en adición, desarrollar habilidades de pensamiento crítico, negociación y comunicación al interior del grupo.

Investigaciones como las de Sánchez Acevedo y Galvis Pineda (2017) dan cuenta de la eficacia del aprendizaje cooperativo en la enseñanza de las matemáticas, toda vez hoy que el logro mejoró frente al aprendizaje en solitario. Cabe resaltar como hallazgos sobresalientes de estas investigaciones que los entornos virtuales cooperativos mejoran la comprensión, la memoria y la aplicación de conceptos difíciles de asimilar en áreas de la matemática como álgebra, geometría, cálculo y matemáticas complejas. Los autores anteriormente citados en este caso (que comparan actividades de alumno colaborativo y actividades que utilizan métodos tradicionales) muestran incluso que, en los métodos de grupo colaborativo, los alumnos participan y logran mejores notas en pruebas de evaluación.

Gracias a que los entornos virtuales colaborativos ofrecen mejores oportunidades para la interacción (Zurita Aguilera, 2020), sus usuarios logran interacciones más frecuentes y de mejor calidad en comparación con grupos que utilizan métodos de aprendizaje más tradicionales. De acuerdo con la autora citada, el resultado es que la colaboración de los alumnos mejora las capacidades, entre otras, de la comunicación, la gestión del tiempo y el pensamiento crítico, habilidades que se encuentran entre las más necesarias para la resolución de problemas de matemática compleja, lo que se ha demostrado que ocurre incluso en niveles universitarios (Acosta et al., 2019). La combinación de la tecnología y la cooperación aporta un importante enfoque que reduce la ansiedad del aprendizaje de la matemática, proporcionando actitudes más positivas y mejorando la autoconfianza de los estudiantes (Inawati et al., 2020).

Metacognición

John Flavell fue el psicólogo que en la década de los setenta introdujo el concepto de metacognición, tal y como definió el término en 1979, afirmando que era el conocimiento que las personas tienen sobre sus propios procesos cognitivos (Flavell, 1979). Este ámbito ha ido evolucionando desde la psicología cognitiva, la cual se centró en la metamemoria, entendida como el conocimiento que una persona tiene sobre su propia memoria y el funcionamiento de los procesos que la rigen (Flavell & Wellman, 1977). Flavell (1971) llegó a decir que la metacognición aparecía conforme las personas fueran conscientes de cómo aprendían y fueran capaces de regular estos procesos, esto es, la metacognición era la capacidad que tienen las personas de reflexionar sobre los propios procesos de pensamiento y regular estos procesos para alcanzar objetivos (Brown, 1987).

Según Schraw y Moshman (1995), la metacognición incluiría tanto el conocimiento metacognitivo (saber qué estrategias se pueden utilizar a fin de aprender) como las habilidades de regulación metacognitiva (regular y monitorear las estrategias que se están aplicando durante el aprendizaje). En resumidas cuentas, la metacognición se entiende como " pensar sobre el pensamiento" y es esencial para la autorregulación del aprendizaje (Veenman, Van Hout-Wolters, & Afflerbach, 2006).

La metacognición se puede entender como una determinada capacidad que se articula a partir de diferentes grandes elementos:

1. Conocimiento metacognitivo: incluye tres tipos de conocimiento: el conocimiento declarativo, el conocimiento procedimental y el conocimiento condicional (Schraw & Moshman, 1995). El conocimiento declarativo es lo que sabe una persona sobre uno mismo como aprendiz de una determinada

tarea; el conocimiento procedimental hace referencia a las estrategias que se pueden utilizar para ejecutar tareas cognitivas, y el conocimiento condicional se refiere al conocimiento sobre cuándo y por qué se debe aplicar determinada estrategia.

2. Regulación metacognitiva: consiste en las habilidades que se pueden poner en marcha para planificar, poner en práctica y evaluar el propio progreso respecto a alguna tarea cognitiva que se está llevando a cabo. Esta regulación permite a la persona poner en práctica ciertas estrategias a partir de sus necesidades para solucionar las tareas (Thiede, Anderson, & Therriault, 2003).

La metacognición es muy importante en el aprendizaje, dado que permite a los individuos ejercer control sobre su propio proceso cognitivo. Investigaciones como las realizadas por Zimmerman y Moylan (2009) indican que los estudiantes con una mayor conciencia sobre su propio proceso de aprendizaje tienden a experimentar mayores niveles de éxito y por tanto ajustar sus métodos de estudio y evitan cometer errores. De igual manera, son amplias las investigaciones que han demostrado que el desarrollo de habilidades metacognitivas se acompaña de una mayor autorregulación lo cual, a su vez, implica un rendimiento académico superior junto al desarrollo de habilidades de aprendizaje independientes (Veenman et al., 2006).

El desarrollo de habilidades metacognitivas en los estudiantes fue un punto focal en las investigaciones de la década de los 80 (Jacobs & Paris, 1987; Pressley, 1985), las cuales demostraron que la enseñanza de estrategias metacognitivas, como planificar, monitorear y evaluar las actividades, junto con la provisión explícita de instrucciones facilitan la

comprensión lectora, la resolución de problemas en matemáticas, el aprendizaje de idiomas, y a la postre, mejoran significativamente el rendimiento académico.

Otro aspecto clave es el aprendizaje autorregulado el cual se relaciona de manera directa con las habilidades metacognitivas, de manera que se demanda de los estudiantes la capacidad de monitorear su comprensión y de realizar los ajustes necesarios en sus propios métodos cada vez que sea necesario (Zimmerman, 1995). Un hallazgo relevante de Nelson & Narens (1990) es la relación directa entre el progreso en la metacognición frente al progreso en el aprendizaje: demostraron que el aumento de la metacognición genera aumento en el aprendizaje y viceversa. Schraw (1998) evidenció la importancia de combinar la motivación del estudiante con sus estrategias metacognitivas para mejorar el aprendizaje en contextos desafiantes, tales como la resolución de problemas.

Expuesto lo anterior, se hace evidente la pertinencia de diseñar entornos de aprendizaje que medien el desarrollo de estrategias metacognitivas. Los ambientes digitales, entre otros, brindan recursos que posibilitan integrar herramientas que sirven de ayuda a los alumnos en cantidad y calidad como apoyo para planear y seguir su aprendizaje de forma autocontrolada (Sanabria et al., 2015). Así también se ha evidenciado que el uso de las tecnologías que sirven de ayuda para la obtención de retroalimentación metacognitiva favorece el aprendizaje autodirigido al tiempo que incrementan la capacidad de los estudiantes de hacer ajustes hacia sus estrategias cognitivas (Shen & Liu, 2011).

El andamiaje metacognitivo es una opción pedagógica que se pone como recurso en la planificación, en el monitoreo y evaluación del aprendizaje del alumnos a través de guías que ofrecen parte de su importancia, puesto que servirán también para fomentar la reflexión y el ajuste en la formulación de las estrategias que permiten la resolución de problemas (Flavell, 1979; Schraw & Moshman, 1995). En este proceso, los estudiantes son guiados en

su planificación, control, evaluación, autoeficacia y autorregulación y, por tanto, facilitando la mejora en su rendimiento académico (Zimmerman & Moylan, 2009).

En este contexto se entregan guías metacognitivas a los estudiantes a través del módulo de aprendizaje. Las guías acompañan a los estudiantes en la planificación, monitoreo y evaluación del proceso de aprendizaje (Flavell, 1979; Schraw & Moshman, 1995). Mediante una serie de actividades, los estudiantes han de reflexionar en torno a su propio proceso de pensamiento, identificar las estrategias que han resultado efectivas o no y, si lo requieren modificar sus estrategias.

Andamiajes metacognitivos.

Según Azevedo (2005) los andamios metacognitivos están en el centro del desarrollo de habilidades metacognitivas, estos ofrecen el apoyo necesario para que los estudiantes generen proceso donde discernan y regulen correctamente sus propias estrategias cognitivas. Estas estrategias orientan a los estudiantes en la apropiación de técnicas metacognitivas al enfrentar tareas complejas, como la programación o la solución de problemas. Investigaciones actuales resaltan que el andamiaje metacognitivo facilita la selección y el ajuste de estrategias para abordar retos difíciles (Shin et al., 2023).

El concepto de andamiaje se origina de la Zona de Desarrollo Próximo, un postulado desarrollado por Vigotsky, el cual hace referencia al apoyo que se le da a los estudiantes para llevar a cabo tareas que, sin dicha asistencia, serían inalcanzables (Wood et al., 1976). Este concepto ha sido adaptado a los ambientes de aprendizaje virtuales mediante la incorporación de tecnologías que sirven como guías del proceso de aprendizaje,

con la ventaja que permiten graduar el nivel de dificultad y el nivel de autonomía de las necesidades particulares de los estudiantes (Reiser, 2004; Martha et al., 2023).

Como se hace evidente, los andamiajes metacognitivos van más allá de los contenidos, toda vez que fomentan reflexiones sobre el proceso de aprendizaje en el estudiante y permiten realizar acompañamientos motivacionales. De esta manera se lleva al estudiante a evaluar la planificación que realiza, las estrategias que aplica y los resultados que logra; potenciando la autorregulación y el aprendizaje independiente (Shen & Liu, 2011; Hildebrand & Soriano, 1999; Martha et al., 2023).

Así las cosas, es claro que los andamiajes metacognitivos funcionan desde la didáctica como facilitadores de los procesos metacognitivos: planificación, monitoreo y evaluación, mediante el uso de guías que conducen a la reflexión sobre las estrategias que el estudiante implementa en la resolución de problemas (Flavell, 1979; Schraw & Moshman, 1995) derivando en una promoción de la autorregulación y en un incremento significativo del logro académico (Zimmerman & Moylan, 2009).

Desde el punto de vista de la tecnología educativa, estos andamios computacionales proponen tareas de diferentes niveles de dificultad y proponen un monitoreo, y recorridos que permiten a los alumnos enfrentarse a problemas que requieran habilidades analíticas, pensamiento crítico y resolución de problemas, fomentando su desarrollo cognitivo y metacognitivo (Pea et al., 2003; Engle & Conant, 2002). Posteriormente, al monitorear el avance y permitir un soporte por medio de andamiajes metacognitivos se favorece un aprendizaje más profundo y consciente, donde el estudiante reflexiona sobre qué sabe, cómo sabe lo que sabe y qué tiene que mejorar (López & Hederich, 2010).

Los estudios revisados consideran los andamiajes metacognitivos y los entornos digitales en el aprendizaje y la autorregulación en el aprendizaje desde la educación

primaria hasta la universidad. El estudio de Sanabria et al. (2015) consideró el efecto de andamiajes metacognitivos (temporales o fijos, desvanecidos o de no andamiaje) en 107 alumnos todos ellos de quinto grado de las instituciones educativas del Bogotá. La hipótesis que se plantea es la mejora de las habilidades metacognitivas y el rendimiento mediante el uso de andamiajes metacognitivos. Utilizando un diseño cuasi-experimental MANCOVA, cuyos resultados mostraban que el andamiaje fijo era más efectivo para mejorar el rendimiento, así como para reducir las diferencias individuales en los estilos cognitivos.

En un contexto universitario y en un entorno digital de aprendizaje de la Matemática "Ambiente Metacognitivo Digital para Matemáticas" (Shen y Liu, 2011), autores en un diseño pre-experimental indicaron que el uso del entorno digital aumentaba significativamente la autorregulación y el rendimiento académico, sugiriendo el efecto positivo de la metacognición en plataformas digitales para el aprendizaje de matemáticas.

Tesouro (2006) también propone un diseño digital con andamiaje metacognitivo con el objetivo de mejorar la autorregulación en un grupo de estudiantes universitarios, donde los autores consiguen resultados estadísticamente significativos de mejora en la capacidad de autorregulación, aunque con escasa estimación en la autoeficacia, sugiriendo que para obtener efectos sobre esta dimensión es necesario plantear otros tipos de medidas.

El estudio de Veenman et al. (2006) "Andamiaje y Autoeficacia en Ambientes Virtuales" utiliza un diseño experimental comparando los tres tipos de andamiaje en estudiantes de primaria, donde el andamiaje fijo mejora el rendimiento académico, mientras que el andamiaje opcional resulta subóptimo, sugiriendo la necesidad de aplicar los tipos de apoyo teniendo en cuenta las características de los entornos y el nivel de la autonomía de los alumnos.

Por último, Schneider (2015) continúa investigando en la misma línea, con el estudio de la relación entre el andamiaje metacognitivo y el rendimiento en los 103 participantes del estudio, comparando los efectos del andamiaje fijo y del andamiaje desvanecido en una muestra más heterogénea que incluye estilos cognitivos. Con una MANCOVA también ha comparado y contrastado los andamiajes de los dos grados centrándose en la reducción de las disparidades evidenciada y reportada, donde el andamiaje fijo produce mejores resultados para la reducción en el rendimiento académico en cuanto al rendimiento académico, mientras que el desvanecido muestra efectos escasos.

Así pues, los estudios presentadas en este punto nos llevan a conclusiones que vinculan el tipo de andamiaje y el contexto educativo para mejorar la autorregulación proponiendo indicadores educativos en diversos niveles.

Autonomía y autorregulación grupal

El término autorregulación se origina en las teorías de la metacognición y del aprendizaje autorregulado, del cual hay fundamentos desde 1970 y 1980 en los trabajos de autores como John Flavell y Ann Brown. La autorregulación se define como la capacidad, de un individuo, para gestionar sus propios procesos cognitivos, emocionales y conductuales en su camino hacia una meta. Esta capacidad es el fruto de la interacción con el entorno y del aprendizaje social, tal como resalta Vygotsky, que habla de la mediación social del aprendizaje y la internalización de los procesos regulativos, entre otros (Volet et al., 2009; Saab, 2012).

Centrados en el aprendizaje, la autorregulación se estructura en tres etapas clave: planificación, monitoreo y evaluación de las actividades cognitivas, afectivas y

conductuales orientadas al resultado (Saab, 2012; Schoor & Bannert, 2012; Panadero & Järvelä, 2015). En la planificación se establecen metas y estrategias; en el monitoreo se supervisa la ejecución de las estrategias; evaluación se realizan los ajustes que sean necesarios (Thürmer et al., 2020a). Estas tres etapas se repiten de manera continua durante el proceso de aprendizaje logrando que el estudiante afine y adapte el proceso.

Múltiples investigaciones han demostrado los estudiantes autorregulados potencian el aprendizaje autónomo, mejoran significativamente sus resultados académicos y desarrollan mayor resiliencia frente a desafíos complejos académico (Saab, 2012; Järvenoja et al., 2015; Panadero & Järvelä, 2015), por lo cual, la autorregulación es un factor clave para el éxito.

Es importante hacer notar que la autorregulación no sólo está limitada a un nivel individual, sino que aparece también en los grupos a través de la co-regulación y la regulación compartida facilitando la coordinación de actividades grupales orientadas a los objetivos compartidos (Järvenoja et al., 2015; Volet et al., 2009). En ambientes de aprendizaje virtual colaborativo la autorregulación es un factor determinante en el rendimiento de las tareas y en la interacción social (Schoor & Bannert, 2012).

Janssen et al. (2012) realizó una investigación de metodología correlacional con 310 estudiantes de secundaria, de entre 15 y 18 años, organizados en grupos de tres en un curso de historia en un ambiente virtual de aprendizaje. La hipótesis investigación fue que la regulación de las actividades sociales mejora el rendimiento cuando la interacción social no regulada fluctuará negativamente. Se registraron y valoraron las interacciones de los estudiantes cuando desarrollaban las tareas. Los resultados mostraron que, efectivamente, la regulación de las actividades sociales mejoró significativamente el rendimiento de los grupos.

De otro lado, Thürmer et al. (2017), a través de dos experimentos, investigaron qué tipo de intenciones de implementación se traducen en mayor cooperación y rendimiento en grupos pequeños: las colectivas, las individuales o ninguna. En el primer experimento, los grupos llevaron a cabo una tarea en la que se requería persistencia física, y luego esta tarea se complementaba con una formación de intenciones de implementación colectivas o individuales. En el segundo experimento, había una manipulación de la posibilidad de comunicación entre los grupos y se estudió su efecto sobre la cooperación. En resumen, los grupos que formaron intenciones de implementación colectivas cooperaron más y lograron un mejor rendimiento que los grupos que formaron intenciones individuales y los grupos que no formaron ningún tipo de plan.

El estudio de Volet et al. (2009) también analizó la relación entre la autorregulación y la corregulación en un contexto de aprendizaje colaborativo. También fue un estudio con estudiantes universitarios que participaban en actividades de aprendizaje en grupo y se realizó con la hipótesis de que los mecanismos de regulación individual y social eran interdependientes y contribuían conjuntamente al éxito en el aprendizaje colaborativo. El diseño unió un enfoque teórico-empírico mediante la observación directa de las interacciones entre los estudiantes. Los autores llegaron a la conclusión de que la autorregulación y la corregulación operan de una manera dinámica y concurrente, siendo ambos procesos elementos esenciales para el éxito en un entorno de aprendizaje colaborativo.

Teoría de la carga cognitiva

La carga cognitiva apareció por primera vez con la Teoría de la Carga Cognitiva (TCC), que fue desarrollada a mitad de los años ochenta por Sweller. La TCC fue elaborada para hacer comprender el impacto del diseño de la instrucción en los procesos de aprendizaje humano, siendo este impacto dependiente de las restricciones que tiene la memoria de trabajo. La TCC toma como partida la idea de que la memoria de trabajo es limitada y, por tanto, sólo puede procesar un número restringido de información al mismo tiempo (Sweller, 1988) y, por tanto, si la cantidad de información que procesa la memoria de trabajo es excesiva, esta memoria resulta sobrecargada, de modo que el aprendizaje no se produce de forma eficiente (Sweller, 2010).

Esta propuesta teórica se ideó en primer lugar en el campo de la resolución de problemas en el aprendizaje, pero posteriormente su ámbito de aplicación se expandió hacia el aprendizaje de situaciones educativas, especialmente en el ámbito del aprendizaje multimedia. El principio básico es que el aprendizaje se ve influido por los recursos cognitivos que tienen que utilizarse para procesar la información nueva, así que, si la carga cognitiva total excede la capacidad de la memoria de trabajo, el rendimiento del alumno se verá igualmente perjudicado (Sweller et al., 2011).

A partir de esta premisa podemos definir la carga cognitiva como la capacidad que se necesita para tratar con esfuerzo una tarea, especialmente en situaciones de aprendizaje. Así pues, la carga cognitiva puede especificarse en tres conceptos que por medio de su interacción determinan la eficiencia del aprendizaje. En primer lugar, encontramos la carga cognitiva intrínseca, la cual hace alusión a la dificultad inherente del material o tarea que se aprende, de modo que tiene que ver con el total de elementos que se tienen que procesar al

mismo tiempo y de qué modo interactúan entre sí. La carga cognitiva intrínseca no se puede modificar mediante la intervención en la instrucción, ya que forma parte del contenido en sí mismo (Sweller et al., 2011). Un ejemplo de alta carga intrínseca sería el aprender conceptos difíciles de física que requieren integrar varios principios.

El segundo componente sería la carga cognitiva extrínseca, la que imponen las características con las que se presenta la información y no el contenido en sí; es la carga que provocan los elementos que no aportan al aprendizaje porque el diseño de los materiales docentes es innecesario, como por ejemplo una explicación redundante, o información irrelevante, etcétera.

La carga cognitiva extrínseca se considera negativa y es preferible disminuirla, ya que puede sobrecargar la memoria de trabajo sin ninguna ganancia en términos de aprendizaje (Sweller, 2010). Un ejemplo típico sería un diseño multimedia con un número excesivo de elementos visuales o una cantidad de información adicional que distrae a los estudiantes de la información principal.

El tercer y último componente de la carga cognitiva sería la carga cognitiva relevante, que se refiere a los procesos de aprendizaje que llevan directamente a aprender a crear esquemas mentales. La carga cognitiva relevante se considera positiva y hay que promoverla a través de la adecuada organización de la información y del diseño instruccional. La carga relevante permitiría procesar activamente la información y construir nuevos aprendizajes a partir de lo que ya sabe el estudiante (Sweller et al., 2011).

La estructura de la carga cognitiva está formada por la interacción de la complejidad del material de aprendizaje, el diseño instruccional y las capacidades cognitivas del estudiante. La memoria de trabajo es limitada en su capacidad para almacenar y procesar información simultáneamente, siendo esta limitación dependiente entre otras cosas de la

edad, de la experiencia anterior y de las habilidades cognitivas (Sweller, 1988). La carga cognitiva intrínseca siempre es constante en función de la propia tarea, mientras que la carga cognitiva extrínseca puede manipularse gracias a un diseño instruccional que ayude a reducir impuestos que no favorecen al aprendizaje, en tanto que más carga cognitiva relevante favorece al procesamiento profundo del material para su integración en nuevos conocimientos.

El estudiante es incapaz de procesar, almacenar y recuperar la información cuando la suma de las tres cargas (intrínseca, extrínseca relevante) supera su capacidad de memoria de trabajo. Esta es la razón de la importancia de controlar la carga cognitiva en los procesos de aprendizaje; por lo tanto, el diseño instruccional debe disminuir la carga extrínseca, favorecer la carga relevante y equilibrar la carga intrínseca (Sweller, 2010).

Un elemento importante que se contempla en la Teoría de la Carga Cognitiva, considerado como esencial, establece que el aprendizaje tiene lugar cuando se da el mayor grado de carga cognitiva que nos produce el aprendizaje frente a la carga cognitiva que produce la presentación del material informativo, llegando a producirse que los recursos cognitivos de que dispone el estudiante sean dedicados a la construcción de sus esquemas mentales en lugar de para luchar contra la presentación del material informativo. En el marco de las TIC, la adecuada gestión de la carga cognitiva es una de las claves para consolidar y optimizar los entornos de aprendizaje, en tanto que éstas nos brindan, de una forma casi infinita, instrumentos que, si se gestionan adecuadamente, pueden ayudar a integrar el conocimiento (Salica, 2019).

La teoría de la carga cognitiva ofrece múltiples formas de aplicación para lo que es el diseño de materiales educativos y los entornos de aprendizaje multimedia.

Coherentemente en el diseño instruccional se aplica para identificar y eliminar aquellos

factores que pueden contribuir en una sobrecarga de la memoria de trabajo del estudiante, como optimizar la presentación de la información (Plass et al., 2010).

Un ejemplo de la puesta en práctica de esta teoría estaría representado con el diseño de los entornos multimedia, suponiendo que la memoria de trabajo tiene una capacidad limitada; y también contempla el intentar minimizar la carga extrínseca a través de eliminar la información no relevante, o bien, simplificando la interfaz gráfica. Esto se evidencia en un estudio llevado a cabo por Plass et al. (2014) donde sus autores relacionaban los elementos del diseño emocional como el uso de colores o la utilización de formas en los materiales multimedia; y las emociones de los alumnos y el rendimiento en las tareas de comprensión y transferencia del conocimiento. Los autores llegaron a la conclusión de que el diseño emocional positivo no sólo ayuda en el procesamiento de la carga cognitiva, sino que además mejora la motivación y la satisfacción del estudiante, por lo que también contribuye en la mejora del desempeño en tareas (Plass et al., 2014).

Investigaciones sobre el uso de las TIC en el aula demuestran cómo su diseño e implementación pueden dar lugar a variaciones de carga cognitiva y, por ende, de rendimiento académico. Los trabajos realizados por Salica (2019) con estudiantes de secundaria que usaron TIC en clases de física y química mostraron cómo la carga cognitiva se puede controlar mejor haciendo usos de modelos didácticos colaborativos, entendidos como aquellos que aprovechan de forma más eficiente los recursos cognitivos disponibles. En el caso de Salica (2019), el uso de secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEA) bien diseñadas implica una facilitación del procesamiento de la información visual y kinestésica, facilitando la tarea y reduciendo la carga cognitiva extrínseca.

Por otro lado, en un trabajo sobre el efecto de las emociones inducidas en el aprendizaje multimedia, Knörzer et al. (2016) subrayan el papel que tienen las emociones (positivas y negativas, en su experiencia) en el procesamiento de la información y el rendimiento académico en tareas de retención y transferencia concluyendo que las emociones negativas mejoran el foco y la atención en las tareas, reduciendo la carga cognitiva que debe afrontar el alumno/a, mientras que las emociones positivas pueden encontrar distracciones para el estudio, aumentando la carga externa (Knörzer et al., 2016).

Salica (2019), en su análisis del uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en el aprendizaje de química y de física en estudiantes de secundaria, comparó diferentes modelos didácticos propuestos para la enseñanza individual (modelo de enseñanza tradicional) y la enseñanza colaborativa (modelo de enseñanza basado en TIC). En esta investigación participaron 50 estudiantes en la que, a partir de la gestión de la carga cognitiva a través de sus actitudes, se analizó su rendimiento en física y en química. La metodología colaborativa favorecía de manera significativa el rendimiento en física, mientras que en química no se encontraron diferencias significativas. Por lo tanto, el uso de las TIC podría influir de manera variable en el aprendizaje de las diferentes materias y en la correspondiente propuesta de enseñanza.

Estos estudios subrayan la relevancia de las emociones, el diseño multimedia y las TIC en el proceso de aprendizaje, indicando que las estrategias educativas deben ser ajustadas de acuerdo con estos factores para optimizar los resultados académicos.

Ansiedad matemática

Definición de ansiedad.

Comenzamos partiendo de la definición de salud que ofrece la Organización Mundial de la Salud (2022): "Es el estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades". De esta definición podemos deducir el componente salud mental, donde también se encuentran los trastornos de ansiedad que la Organización Panamericana de la Salud (2018) señala como el segundo trastorno mental más incapacitante en la mayoría de los países de Latinoamérica.

El término ansiedad se refiere a un grupo de manifestaciones mentales o físicas que no derivan de un peligro real, sino que se originan como una crisis o condición persistente y en el tiempo, que puede llegar al pánico (Sierra et al., 2003). En otras palabras, la ansiedad trae aparejada una condición de enfermedad toda vez que disminuye el bienestar físico, mental y social.

Para Tayeh et al. (2016), en Colombia, el sistema clasificatorio más utilizado para diagnosticar trastornos de ansiedad pediátricos es el Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM-5) el que fue ajustado para no sobrediagnosticar en pacientes menores de 18 años. Los mismos autores hacen referencia a que entre un 2,8% y 32% de niños y adolescentes pueden padecer trastornos de ansiedad, siendo más frecuente en el género femenino.

Ansiedad matemática y consecuencias.

Richardson y Suinn (1972) describieron la ansiedad matemática como “una sensación de tensión y ansiedad que interfiere con la manipulación de los números y con la resolución de problemas matemáticos de la vida cotidiana y las situaciones académicas”. Ahora bien, hay que distinguir bien la ansiedad matemática de la dificultad cognitiva para la adquisición de las habilidades matemáticas, conocida como discalculia del desarrollo (Carey et al., 2017) ya que la ansiedad matemática tiene lugar tanto en discalcúlicos como en sanos (Málaga, 2014).

La ansiedad matemática también es definida como “una reacción emocional intensamente negativa (tensión, nervios, miedo, preocupación inquietud, irritabilidad, impaciencia, confusión, bloqueo mental) que dificulta la resolución de problemas matemáticos, tanto cotidianos como académicos, e incrementa la autopercepción de incompetencia en tareas de esta naturaleza” (Villamizar G., Araujo T., y Trujillo W.J., 2020). Esto se traduce en bajo rendimiento académico generando resultados desastrosos que les impiden ir más allá en cuanto a ser capaces de abordar satisfactoriamente los contenidos de esta disciplina.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, 2013) informó que el 33% de los estudiantes de 15 años sentía impotencia a la hora de enfrentar problemas matemáticos según las pruebas PISA de 2012. La ansiedad en matemáticas debe considerarse con la seriedad de un problema grave.

Ahora bien, es importante recalcar con referencia al ámbito de la matemática en relación con el rendimiento académico que los resultados que se obtienen para el caso colombiano en pruebas masivas o estandarizadas como es el caso de PISA y pruebas Saber

son deficientes. En la prueba Pisa, los resultados en el área de la matemática fueron los más bajos de todas las áreas evaluadas, solamente un 1% alcanzó el Nivel 5 o superior en matemáticas (OECD, 2019).

Un gran número de estudios deja al descubierto dos hallazgos que llaman la atención. El primero hace referencia al muy alto número de personas que presentan actitudes muy negativas hacia las matemáticas asociado a un miedo fuerte (Hembree, 1990; Ashcraft, 2002; Maloney y Beilock, 2012). El segundo se considera un deterioro de las actitudes hacia las matemáticas en la transición infantil y la adolescencia (Wigfield y Meece, 1988; Ma y Kishor, 1997), el cual provoca el deterioro transversal del estudiante, capacitándolo incluso para su vida de adulto en actividades vinculadas a la matemática. La tendencia es cursar carreras universitarias en que no haya nada de materia matemática (Ashcraft y Krause, 2007) o con una carga muy baja de materia matemática (Núñez et al., 2013).

Diferentes investigaciones (Rivas, 1997; Contreras et al., 2005; Carey et al., 2017; Gunderson et al., 2018) constatan que la ansiedad en los estudiantes provoca que ellos se centren más en las dificultades de la tarea que en el saber académico creando un círculo vicioso: el poco conocimiento en matemáticas crea efectos negativos en los niveles de autoeficacia de los alumnos/as, se desarrolla ansiedad matemática que propicia bajos resultados académicos y que vuelve a conducir a sentir más ansiedad.

Ansiedad matemática y carga cognitiva

La ansiedad matemática afecta de manera decisiva los procesos cognitivos específicos, de forma muy particular la memoria de trabajo, dado que disminuye los

recursos disponibles para resolver tareas matemáticas y acentúa las dificultades de aprendizaje en matemáticas. Esta situación se relaciona estrechamente con la carga cognitiva, también disminuye el rendimiento y la experiencia de aprendizaje. Comprender la interacción que se produce entre ambos fenómenos resulta clave para generar prácticas inclusivas que mejoren el rendimiento académico y la actitud hacia las matemáticas y las situaciones en las que se practican, desarrollando un aprendizaje que permita, además, abordar las necesidades cognitivas y emocionales del alumnado y propiciar, por tanto, una visión más positiva, resiliente.

Interacción entre ansiedad matemática y memoria de trabajo.

La memoria de trabajo, tal como mencionábamos, se trata de un componente necesario para el mantenimiento y la manipulación de los contenidos que nos permitiría resolver problemas, que queda afectado en particular por los individuos con una alta ansiedad en matemática, como señalan trabajos como los de Ashcraft y Kirk (2001), Ashcraft y Krause (2007), ya que la ansiedad interfiere en esta función al dar lugar a pensamientos intrusivos y estrés emocional, que suelen dirigir recursos mentales y de memoria, que resultan ser limitados.

Igualmente, los estudios de Qin et al. (2009) muestran que, en el caso de estresores agudos, la memoria de trabajo disminuye, y esto se ve potenciado por estresores crónicos, que pueden dar lugar a alteraciones neurofisiológicas como, por ejemplo, el recogimiento de dendritas en zonas del cerebro que responden a la flexibilidad cognitiva (McEwen et al., 2015).

La ansiedad también interfiere en las fuentes de trabajo necesarias para la resolución y cuando hay sobrecarga de éstas, se ven incluso perjudicados los tiempos de reacción en las tareas que sobrecargan la memoria, como muestran Ashcraft y Kirk (2001). A su vez, Mammarella et al. (2015) indican también un efecto que vincula la ansiedad matemática con déficits en la memoria de trabajo verbal y posiblemente visuoespacial, lo que añade más problemas a los procesos que intervienen en el aprendizaje matemático.

Ansiedad matemática y Teoría de la carga cognitiva.

La Teoría de la Carga Cognitiva (TCC) sostiene que la carga total que enfrenta una persona en el proceso del aprendizaje es el resultado de la suma de tres tipos de carga: intrínseca, extrínseca y relevante (Sweller, et al., 2011). La ansiedad matemática parece funcionar como un amplificador de las cargas cognitivas. En primer lugar, incrementa la carga intrínseca pues habrá una mayor sensación de dificultad, especialmente con aquellos problemas que implican integración conceptual. Además, para estudiantes con ansiedad, ambientes desorganizados o poco accesibles presentan una mayor carga cognitiva extrínseca debido a la gran cantidad de cargas que estos ambientes generan; esto se traduce en una alta carga extrínseca. Finalmente, para aquellos estudiantes que sienten ansiedad, concentrarse en aquellos elementos que forman parte de la carga relevante difícilmente se puede considerar un aprendizaje significativo.

Capítulo 3: Metodología

Diseño de la investigación

Esta investigación es de corte cuasiexperimental, en el que se busca establecer relaciones causales entre variables, esto es, con grupos conformados previamente, correspondientes a los estudiantes de dos cursos de séptimo grado de una Institución Educativa Distrital en la ciudad de Bogotá. Para el desarrollo de la investigación los estudiantes interactuarán con un ambiente computacional que contiene el curso "Resolvamos problemas a través de fracciones" de cuatro (4) unidades de estudio para el aprendizaje de matemáticas. La modalidad educativa del curso fue virtual; es decir, el estudiante desarrolla de manera independiente el programa del curso a través del escenario computacional.

De otro lado, para el análisis de los datos se utilizó el software estadístico denominado R, versión 4.4.1. y el software SPSS.

Población y muestra

La población de esta investigación hace parte de la Institución Educativa Distrital Costa Rica de Bogotá, D.C. La muestra corresponde a 73 estudiantes de grado séptimo de dos cursos, uno de 37 estudiantes y otro de 36.

La muestra se compone de 28 mujeres (38,3 %) y 45 hombres (61.6 %). La edad de los aprendices osciló entre los 10 y 14 años ($M = 12.05$ años, $DE = 1.1$). Los estudiantes de ambos cursos se organizaron al azar en grupos de cuatro (4) integrantes asignados al azar,

salvo un (1) grupo de cinco (5). Los estudiantes son menores de edad por lo que allegaron un consentimiento informado firmado por sus padres o acudientes para la participación en este proyecto de investigación.

En la Tabla 1 se presenta el número de estudiantes y grupos que interactuaron con cada una de las versiones del software.

Tabla 1. Distribución de estudiantes en grupos de trabajo

	Ambiente de aprendizaje		
	Sin andamio	Con andamio	
Estudiantes	37	36	73
Grupos de trabajo	9	9	18

Fuente: creación propia.

Variables

1. Independiente: ambiente virtual de aprendizaje: 1) sin andamiaje metacognitivo colaborativo y 2) con andamiaje metacognitivo colaborativo.
2. Dependientes: 1) aprendizaje colaborativo, 2) logro de aprendizaje, 3) ansiedad en matemáticas y 4) carga cognitiva intrínseca, extrínseca y relevante.
3. Covariables fueron: 1) logro de aprendizaje previo y 2) pretest de ansiedad en matemáticas y 3) pretest de trabajo colaborativo

Instrumentos

Cuestionario de Aprendizaje Cooperativo: CAC.

La escala CAC es una herramienta que permite cuantificar percepciones, actitudes y opiniones de los estudiantes de educación primaria, secundaria y bachillerato sobre los aspectos claves del aprendizaje cooperativo. El CAC se crea y valida por Fernandez-Rio et al. (2017) mediante el objetivo de determinar una evaluación del componente esencial del aprendizaje cooperativo en el ámbito educativo.

El CAC se compone de un total de 20 ítems distribuidos en 5 dimensiones evaluando cada una de ellas un aspecto esencial del aprendizaje cooperativo. Cada uno de los ítems se puntúa sobre una escala Likert de 5 puntos que va desde 1 (totalmente en desacuerdo) hasta 5 (totalmente de acuerdo). El CAC mide cinco dimensiones de la ansiedad matemática como se ve en la Tabla 2.

Tabla 2. Dimensiones del CAC y confiabilidad

Dimensión	Descripción	Ítems	α Cronbach
Interacción Promotora	Evalúa la comunicación y el apoyo entre los estudiantes durante el trabajo en equipo.	4, 9, 14, 19	.76
Interdependencia Positiva	Se refiere a la necesidad de colaboración entre los miembros del grupo para lograr los objetivos comunes.	3, 8, 13, 18	.72
Responsabilidad Individual	Mide la responsabilidad de cada miembro en la realización de su parte del trabajo.	5, 10, 15, 20	.79

Dimensión	Descripción	Ítems	α Cronbach
Procesamiento Grupal	Evalúa la reflexión conjunta sobre el trabajo realizado y la toma de decisiones en grupo.	2, 7, 12, 17	.75
Habilidades Sociales	Analiza la capacidad de los estudiantes para comunicarse, debatir y resolver conflictos dentro del grupo.	1, 6, 11, 16	.74

Fuente: Adaptado de Fernández-Río et al. (2017).

Los ítems se ven en la Tabla 3.

Tabla 3. Ítems del CAC

Ítem	Descripción del Ítem
1	Trabajamos el diálogo, la capacidad de escucha y/o el debate.
2	Hacemos puestas en común para que todo el grupo conozca lo que se está haciendo.
3	Es importante la ayuda de mis compañeros para completar las tareas.
4	Los compañeros de grupo se relacionan e interactúan durante las tareas.
5	Cada miembro del grupo debe participar en las tareas del grupo.
6	Exponemos y defendemos ideas, conocimientos y puntos de vista ante los compañeros.
7	Tomamos decisiones de forma consensuada entre los compañeros del grupo.
8	No podemos terminar una actividad sin las aportaciones de los compañeros.
9	La interacción entre compañeros de grupo es necesaria para hacer la tarea.
10	Cada componente del grupo debe esforzarse en las actividades del grupo.
11	Escuchamos las opiniones y los puntos de vista de los compañeros.
12	Debatimos las ideas entre los miembros del grupo.
13	Es importante compartir materiales, información, etc., para hacer las tareas.

Ítem	Descripción del Ítem
14	Nos relacionamos unos con otros para hacer las actividades.
15	Cada miembro del grupo debe tratar de participar, aunque no le guste la tarea.
16	Llegamos a acuerdos ante opiniones diferentes o conflictos.
17	Reflexionamos de manera individual y conjunta dentro del grupo.
18	Cuanto mejor hace su tarea cada miembro del grupo, mejor resultado obtiene el grupo.
19	Trabajamos de manera directa unos con otros.
20	Cada miembro del grupo debe hacer su parte del trabajo para completar la tarea.

Fuente: Adaptado de Fernández-Río et al. (2017).

Ansiedad en matemáticas: AMAS.

El AMAS (Abbreviated Math Anxiety Scale) es un instrumento psicométrico utilizado para medir los niveles de ansiedad hacia las matemáticas. Fue desarrollado por Derek R. Hopko y otros investigadores para abordar la necesidad de una herramienta más corta y eficiente en la evaluación de la ansiedad matemática (Hopko et al., 2003). El AMAS consta de nueve (9) ítems en una escala Likert de 5 puntos, que mide el nivel de ansiedad percibida. Los puntos de la escala van desde 1 (nada de ansiedad) hasta 5 (ansiedad extrema). El AMAS mide dos dimensiones de la ansiedad matemática como se ve en la Tabla 4.

Tabla 4. Dimensiones del AMAS

Subescala	Descripción	Ítems	α Cronbach
Ansiedad de Aprendizaje Matemático (LMA)	Ansiedad relacionada con la comprensión y aprendizaje de conceptos matemáticos.	1, 3, 5, 6, 7, 9	.85
Ansiedad de Evaluación Matemática (MEA)	Ansiedad relacionada con la evaluación formal de las habilidades matemáticas, como los exámenes.	2, 4, 8	.88

Fuente: Fuente: adaptado de Hopko et al. (2003).

Los ítems se ven en la Tabla 5.

Tabla 5. Ítems de la AMAS

Califique cada elemento a continuación en términos de qué tan ansioso se sentiría ante el evento especificado.

Ítem	Texto
1	Tener que usar las tablas al final de un libro de matemáticas.
2	Pensar en un examen de matemáticas que se realizará al día siguiente.
3	Ver a un profesor resolver una ecuación algebraica en la pizarra.
4	Tomar un examen en un curso de matemáticas.
5	Recibir una tarea de muchos problemas difíciles que debe entregarse en la próxima clase.
6	Escuchar una conferencia en una clase de matemáticas.
7	Escuchar a otro estudiante explicar una fórmula matemática.
8	Ser sorprendido con un examen sorpresa en clase de matemáticas.
9	Empezar un nuevo capítulo en un libro de matemáticas.

Fuente: Fuente: adaptado de Hopko et al. (2003).

Carga cognitiva: cuestionario desarrollado por Leppink et al. (2014).

El Cuestionario de Carga Cognitiva desarrollado por Leppink et al. (2014) es un instrumento diseñado para evaluar las diferentes dimensiones de la carga cognitiva percibida en situaciones de aprendizaje. Está basado en la Teoría de la Carga Cognitiva, que distingue entre tres (3) diferentes tipos de carga cognitiva que afectan el aprendizaje y el procesamiento de la información de acuerdo con lo planteado por Sweller (1988):

1. Carga Intrínseca, que se refiere a la dificultad propia de la tarea o el contenido que se está aprendiendo (en la que la complejidad del material y el nivel de experiencia del aprendiz son, respectivamente, sus variables que hace que la carga intrínseca pueda ser más o menos elevada). Este tipo de carga no se puede reducir, puesto que está asociada al contenido en sí.
2. Carga Extrínseca, que hace referencia al modo en que se presenta la información (por ejemplo, las características del material, la organización, la claridad de las instrucciones o distracciones). Si la presentación no es correcta, también se incrementará la carga extrínseca, lo que ejercerá una influencia en el aprendizaje.
3. Carga Relevante, que se manifiesta en el esfuerzo mental que se pone en organizar y procesar la información para que quede estructurada de manera más eficiente (en esta carga se relaciona con la construcción de esquemas mentales). Este tipo de carga tiene un beneficio porque se encuentra directamente asociado con el aprendizaje profundo.

El cuestionario incluye 10 ítems que miden las tres dimensiones, en donde los participantes deben calificar en una escala Likert de 1 a 10 donde el 1 representa el nivel más bajo de acuerdo o intensidad y el 10 el nivel más alto. A continuación, la Tabla 6 que muestra la relación entre las dimensiones los ítems de las preguntas y el alfa Cronbach.

Tabla 6. Tabla que muestra la relación entre las dimensiones

Subescala	Descripción	Ítems	α Cronbach
Intrínseca	Mide la complejidad inherente del material que se aprende	1, 2, 3	.82
Extrínseca	Mide la carga impuesta por instrucciones o explicaciones ineficaces.	4, 5, 6	.86
Relevante	Mide los recursos cognitivos dedicados a procesar y comprender el material de manera significativa	7, 8, 9, 10	.77

Fuente: adaptado de Leppink et al. (2014).

Los ítems se aprecian en la Tabla 7.

Tabla 7. Ítems de Carga cognitiva

En clase...

- | | |
|---|---|
| 1 | Los contenidos temáticos tratados en la unidad didáctica fueron muy complejos. |
| 2 | La unidad didáctica cubrió conceptos y relaciones que percibí como muy complejos. |
| 3 | En la unidad didáctica se utilizaron términos y vocabulario que percibí como muy complejos. |
| 4 | Las instrucciones y explicaciones de la unidad didáctica fueron muy poco claras. |
| 5 | He invertido un esfuerzo mental muy alto por la complejidad de esta unidad didáctica. |
| 6 | Las instrucciones y explicaciones en esta unidad didáctica fueron, en términos del aprendizaje, muy ineficaces. |
| 7 | La unidad didáctica realmente mejoró mi comprensión de los temas tratados. |

-
- 8 La unidad didáctica realmente mejoró mi comprensión de los conceptos filosóficos cubiertos.
 - 9 La unidad didáctica realmente mejoró mi conocimiento de los términos y vocabulario que se mencionaron.
 - 10 La unidad didáctica realmente mejoró mi conocimiento y comprensión del tema.
-

Fuente: adaptado de Leppink et al. (2014).

Logro de aprendizaje.

Los instrumentos utilizados para medir el logro académico fueron cuatro (4) evaluaciones grupales de comprensión de los contenidos, cuya valoración final se obtuvo del promedio aritmético de cada una de estas, las cuales correspondían a cada unidad de estudio. Las cuatro (4) evaluaciones se administraron en el ambiente de aprendizaje, los resultados de las evaluaciones se almacenaron en una base de datos para su posterior análisis. Las calificaciones oscilan entre 0 y 100, las superiores a 60 implican la aprobación.

Ambiente computacional colaborativo

El ambiente computacional está propuesto para trabajar en grupos reducidos en los que cada miembro del grupo adquiere un rol (líder, coordinador, anotador, etcétera), lo cual permite la asunción de cierta responsabilidad individual dentro del equipo (Roselli, 2016). Dicha forma de trabajo grupal está en consonancia con el aprendizaje colaborativo que plantea allí donde cada estudiante debe aportar para el éxito del grupo, y para asegurar la productiva interacción y la participación del resto del grupo (Johnson & Johnson, 1999).

Consecuentemente, este ambiente promueve el trabajo colaborativo entorno al aprendizaje colectivo, en el que la interacción entre estudiantes es fundamental para

resolver problemas (Roselli, 2011; Vygotsky, 1978). Las actividades grupales permiten la construcción conjunta del conocimiento conforme a la visión de la cognición distribuida (Roselli, 2016). En el trabajo en grupo, los alumnos han de interactuar mediante video foros de discusión donde deben compartir sus reflexiones sobre los problemas propuestos, debatir diferentes estrategias de solución y dotar de retroalimentación a sus compañeros. Las interacciones antes descritas están en consonancia con los postulados de la teoría de la intersubjetividad que afirma que el conocimiento es construido tras la interacción dialógica entre los interactuantes (Roselli, 2011).

Tareas grupales (retos) hacen que el alumno haga actividades grupales donde han de colaborar para resolver problemas y llegar a acuerdos sobre la mejor solución. En definitiva, el trabajo en grupo está soportado en la interacción promotora (Roselli, 2016) de tal modo que se potencia el aprendizaje en conjunto, de modo que aparecen espacios donde los alumnos se ayudan entre sí.

El ambiente de aprendizaje colaborativo se diseñó para completar una unidad de aprendizaje en una semana, para lo cual cada unidad está estructurada de la siguiente manera:

1. Lunes de teoría:
 - a. Objetivos de la unidad. Presentación del objetivo disciplinar de la unidad.
 - b. Contenidos disciplinares. Se utilizan diferentes recursos de aprendizaje.
 - c. Video conferencia grupal. El grupo graba un video de resumen de los contenidos disciplinares.

- d. Encuesta grupal. El grupo responde una encuesta sobre el grado de interés que le despiertan los contenidos disciplinares.

2. Martes de reto:

- a. Reto de la semana. Se enuncia el reto que el grupo debe cumplir en la unidad.
- b. Entregables de la semana. Se enuncian y explican los entregables de la unidad indicando el puntaje de cada uno; la suma de los puntajes siempre es diez (10).
- c. Video de planeación grupal. El grupo graba un video de donde explica discute la planeación de la solución que implementará para cumplir el reto.
- d. Registro de compromisos.

3. Miércoles de solución (incluye el jueves):

- a. Video de instrucciones. Se invita al grupo a desarrollar tres pasos: (1) aportes disciplinares para resolver el reto, (2) proceso de negociación de la solución y (3) definición de la solución,
- b. Asignación de tareas. El grupo define el diseño, elaboración y cargue en plataforma de los entregables.
- c. Video de reporte. El grupo graba un video en el que discuten los aportes cada uno hizo en el foro para solucionar el reto de la semana.

4. Viernes de reflexión:

- a. Video de instrucciones. El grupo graba un video en el que reflexiona sobre el desempeño individual y grupal de cada día.

- b. Formulario de registro. El grupo registra en un formulario (1) la calificación del desempeño del grupo en escala LÍkert de 1 a 5, (2) la justificación de la calificación y (3) estrategias para mejorar.

En este ambiente computacional se cargó el curso "Resolvamos problemas a través de fracciones", diseñado para enseñar diversas estrategias de resolución de problemas con fracciones, como la estimación, el método de prueba y error y el trabajo hacia atrás, está dirigido a estudiantes de séptimo grado y consta de cuatro (4) unidades de estudio: (1) Análisis de problemas matemáticos con fracciones, (2) Estrategias de resolución de problemas con fracciones, (3) Resolución de problemas en contextos reales usando fracciones y (4) Resolución de problemas complejos y evaluación final.

Este ambiente computacional colaborativo se presentó en dos versiones. Una versión incluye un andamiaje metacognitivo colaborativo, donde los estudiantes reciben guías que les ayudan a planificar, monitorear y evaluar su aprendizaje, fomentando la autorregulación (Flavell, 1979). El otro ambiente carece de dicho andamiaje, delegando la responsabilidad del proceso de aprendizaje directamente en los estudiantes.

El ambiente computacional se creó en LMS Moodle, habilitado para computadores de escritorio y dispositivos móviles. Las escalas Likert fueron creadas con el módulo para encuestas. Se usaron componentes BigBlueButton para los contenidos interactivo H5P.

Las credenciales de ingreso son:

- URL: xxxxx
- Usuario: xxxxx
- Contraseña: xxxxxx

Apariencia gráfica del ambiente computacional colaborativo

La *Figura 1* muestra la interfaz de inicio del curso, en ella se aprecia el banner general del sitio y las miniaturas que dan ingreso a cada semana.



Figura 1. Apariencia general de la plataforma.

La *Figura 2*, *Figura 3* y *Figura 4* muestran la interfaz de la primera semana, en ella se plasma 1) la descripción del curso, 2) los objetivos de aprendizaje, 3) las competencias y 4) las unidades del curso y además las herramientas utilizadas.

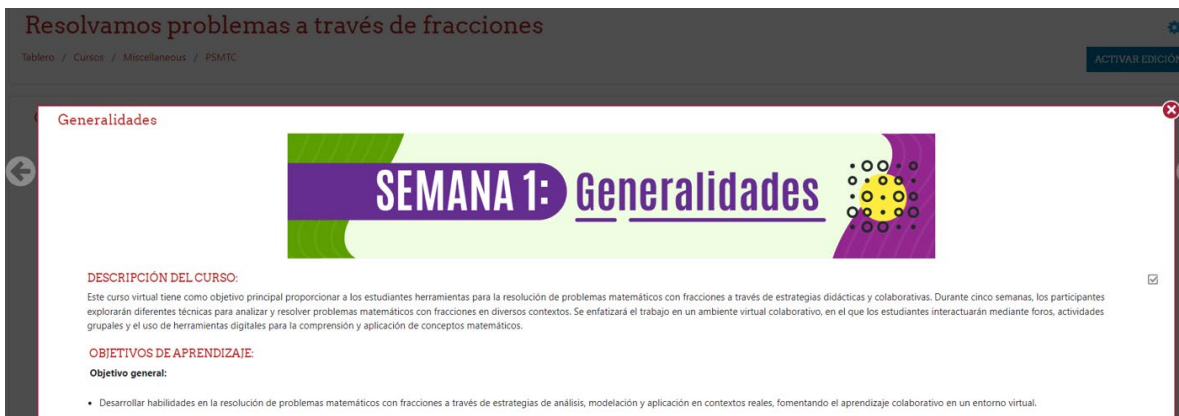


Figura 2. Interfaz Semana 1.

Competencias:
 Los procesos generales a desarrollar en los módulos, responden a lo establecido en los Lineamientos Curriculares para Matemáticas, específicamente:

- Capacidad de análisis y síntesis en la resolución de problemas matemáticos con fracciones.
- Habilidad para aplicar estrategias de resolución de problemas en diferentes contextos.
- Uso adecuado de herramientas digitales para el aprendizaje de las matemáticas.
- Trabajo colaborativo en entornos virtuales de aprendizaje.
- Desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en la modelación y generalización de problemas matemáticos.

Unidades del curso:

- **Semana 2:** Análisis de problemas matemáticos con fracciones.
- **Semana 3:** Estrategias de resolución de problemas con fracciones.
- **Semana 4:** Resolución de problemas en contextos reales usando fracciones.
- **Semana 5:** Resolución de problemas complejos y evaluación final.

Figura 3. *Interfaz Semana 1 competencias.*

Herramientas

- AMAS
- Carga Cognitiva
- Cuestionario de Aprendizaje Cooperativo (CAC)

Figura 4. *Interfaz Semana 1 Herramientas.*

En *Figura 5* se muestra la interfaz de inicio de la Semana 2, en ella se ven los test que se van a aplicar, el banner de sección y luego las cuatro secciones que componen la semana, esta estructura se repite en cada una de las semanas.

Semana 2: Análisis de problemas matemáticos con fracciones.

- Cuestionario de Aprendizaje Cooperativo (CAC) Pre
- AMAS Pre

SEMANA 2: Análisis de problemas matemáticos con fracciones

- Lunes de teoría
- Martes de reto
- Miércoles de solución
- Viernes de reflexión

Figura 5. *Interfaz de inicio de la Semana 2*

Andamiaje metacognitivo colaborativo

El andamiaje metacognitivo colaborativo facilita que los estudiantes de cada grupo tomen conciencia de sus procesos de aprendizaje, reflexionen sobre su interacción grupal y ajusten sus estrategias para resolver problemas. En cada unidad de estudio, se implementó este enfoque con el fin de fomentar la autorregulación, siguiendo la idea de Flavell (1979) sobre la importancia de monitorear y controlar los procesos cognitivos. El andamiaje se aplica en todas las fases, ayudando a los estudiantes a planificar, monitorear y evaluar su progreso, lo que promueve un mayor desarrollo de la autorregulación del aprendizaje (Zimmerman & Moylan, 2009).

El andamiaje metacognitivo colaborativo se diseñó para complementar la estructura de la unidad de aprendizaje de la siguiente manera:

1. Antes del presentar el lunes de teoría:
 - a. Recomendaciones para el éxito. Se presentan tres (3) instrucciones para favorecer el éxito de la semana como se aprecia en la *Figura 6*.

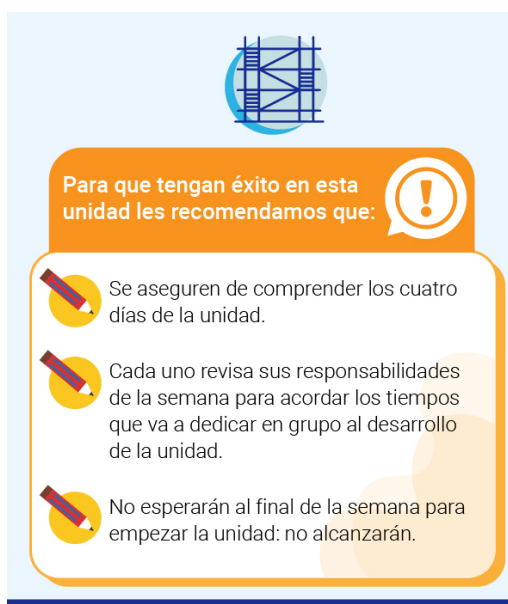


Figura 6. *Recomendaciones para el éxito*

- b. Formulario de registro. El grupo registra en un formulario si acogió o no las Recomendaciones para el éxito, como se aprecia luego del cuestionario en la *Figura 7*.

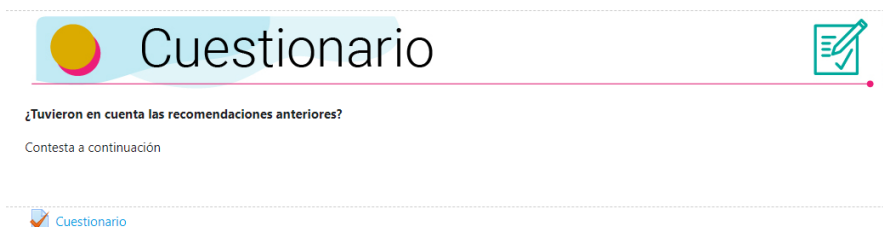


Figura 7. Formulario de registro

2. Martes de reto:

- a. Registro de metas. El grupo registra en un formulario las respuestas a cinco (5) preguntas sobre metas de la semana.
- b. Registro de estrategias. El grupo registra en un formulario si seguirán o no cinco (5) estrategias propuestas. La última pregunta es abierta e indaga por estrategias definidas por el grupo como se puede apreciar en la *Figura 8*

Formulario de metas: inicio

1. El número de reuniones que tendrán: **Nota:** entero de 1 a n
2. Que todos participen por igual: Sí / No
3. No dejar todo para el final: Sí / No
4. Cumplir todo lo que acuerden: Sí / No
5. Mi compromiso individual: Caja de texto:

Formulario de estrategias: inicio

1. Hacer un cronograma de la planeación: Sí / No
2. Hacer seguimiento al cronograma: Sí / No
3. Compartir información para consulta: Sí / No
4. Realizar discusiones grupales: Sí / No
5. Votar en caso de empates: Sí / No
6. Otra:

Figura 8. Registro de metas y registros

- c. Registro “¿Cómo nos fue este martes?”. El grupo registra en un formulario la respuesta en escala LÍkert de 1 a 5 a ocho (8) preguntas, como se ve en la

Cuestionario dialogo

1*

Sobre el aporte individual

Cada uno de los miembros del grupo debe explicar con sus propias palabras en qué consiste el reto de la unidad para que discutan cómo entienden el reto y lleguen a un acuerdo común sobre su comprensión

Cada uno de los miembros del grupo debe explicar con sus propias palabras cómo resolvería el reto a partir de la teoría de la unidad

2*

Sobre el diálogo

Todos los miembros del grupo participaron en la planeación

Hubo aportes interesantes sobre el reto

Se distrajeron charlando de temas diferentes a la unidad

3*

Sobre la negociación

Hubo discrepancias sobre cómo planear la solución del reto

Fácilmente llegaron a acuerdos

Todos los miembros del grupo quedaron satisfechos con la planeación

- d. *Figura 9*, así:

- i. Dos (2) sobre aporte individual.
- ii. Tres (3) sobre el diálogo.
- iii. Tres (3) sobre la negociación.

Cuestionario dialogo

1*

Sobre el aporte individual

Cada uno de los miembros del grupo debe explicar con sus propias palabras en qué consiste el reto de la unidad para que discutan cómo entienden el reto y lleguen a un acuerdo común sobre su comprensión

Cada uno de los miembros del grupo debe explicar con sus propias palabras cómo resolvería el reto a partir de la teoría de la unidad

2*

Sobre el diálogo

Todos los miembros del grupo participaron en la planeación

Hubo aportes interesantes sobre el reto

Se distrajeron charlando de temas diferentes a la unidad

3*

Sobre la negociación

Hubo discrepancias sobre cómo planear la solución del reto

Fácilmente llegaron a acuerdos

Todos los miembros del grupo quedaron satisfechos con la planeación

Figura 9. Registro ¿Cómo nos fue este martes?

3. Miércoles de solución (incluye el jueves):

- a. Registro “¿Cómo nos fue este miércoles?”. El grupo registra en un formulario la respuesta en escala LÍkert de 1 a 5 a ocho (8) preguntas, como se ve en la *Figura 10* así:
- i. Dos (2) sobre los aportes para resolver el reto.
 - ii. Tres (3) sobre la negociación.
 - iii. Tres (3) sobre la solución.

Cuestionario dialogo

1* Sobre los aportes para resolver el reto

Todos los aportes fueron importantes para resolver el reto de la semana 1

Todos los miembros del grupo realizaron aportes a tiempo 1

2* Sobre la negociación

Las discusiones que tuvieron los condujeron a resolver el reto 1

Todos los miembros del grupo participaron en la solución del reto 1

El trabajo en equipo resultó muy difícil 1

3* Sobre la solución

Plantearon diferentes posibles soluciones para llegar a la más adecuada 1

Realizaron pruebas para validar posibles soluciones al reto 1

Resolvieron el reto de la semana 1

Figura 10. ¿Cómo nos fue este miércoles?

4. Viernes de reflexión (antes de que se grabe el video de reflexión), como se ve en la *Figura 11* :

- a. Espacio de reflexión. Se invita el grupo a reflexionar sobre nueve (9) preguntas, así:
- i. Tres (3) sobre lunes: comprender la teoría.
 - ii. Tres (3) sobre martes: comprender el reto.
 - iii. Tres (3) sobre miércoles (y jueves): llegar a la solución del reto.

Reunión de reflexión

La tarea de este viernes reflexionar sobre el trabajo de la semana. Para esto, deben reunirse todos los miembros del grupo y reflexionar sobre los tres días:

1. Lunes: comprender la teoría
 - ¿El grupo trabajó en equipo para que todos comprendieran la teoría de la semana?
 - ¿Los miembros del grupo que mejor entendieron apoyaron a los demás?
 - ¿Cómo se desempeñó el grupo para abordar la teoría de la semana?
2. Martes: comprender el reto
 - ¿Tuvieron en cuenta las opiniones de cada miembro del grupo para llegar a un consenso sobre el reto de la semana?
 - ¿Todos los miembros del grupo trabajaron la misma comprensión del reto o trabajaron divididos?
 - ¿El grupo realizó un buen trabajo para comprender el reto de la semana?
3. Miércoles (y jueves): llegar a la solución del reto
 - ¿Trabajaron de manera estratégica o trabajaron en desorden?
 - ¿Se enfocaron en una posible solución o fueron dispersos?
 - ¿El grupo hizo todo lo que debía hacer para resolver el reto?

El resultado de la reflexión debe subirse en una videoconferencia y a continuación tienen el espacio para realizarla:

Figura 11. Preguntas Viernes de reflexión

Procedimiento

Para llevar a cabo el estudio, se contactó al docente titular de la asignatura de matemáticas de séptimo grado, quien dio su aval para la investigación. Posteriormente, se socializó el proyecto con las directivas de la Institución Educativa Costa Rica, quienes aprobaron la participación de los estudiantes. A continuación, se presentaron los objetivos de la investigación a los estudiantes, y se solicitó el consentimiento de los padres o acudientes, informando que los resultados serían confidenciales y utilizados exclusivamente con fines de investigación.

Cada estudiante recibió credenciales de acceso a la plataforma y validó su ingreso mediante un usuario y contraseña. En cada curso se realizaron dos sesiones de prueba para familiarizar a los estudiantes con los instrumentos que utilizarían: encuestas tipo Likert y evaluaciones de opción múltiple con única respuesta. Se les enseñó cómo utilizar las herramientas de Carga Cognitiva, Ansiedad en las Matemáticas (AMAS) y el Cuestionario de Aprendizaje Cooperativo (CAC).

En la primera sesión, se indicó a los estudiantes que la duración de la investigación sería de 4 unidades didácticas, una por semana. Todo el trabajo se realizaría de manera virtual en la plataforma, en grupos de cuatro (4) estudiantes (salvo un grupo de 5) asignados al azar. Al finalizar cada semana, se realizaría la evaluación del reto de la semana, y la nota final de la asignatura sería el promedio aritmético de las 4 evaluaciones parciales. El trabajo en la plataforma fue completamente virtual con el acompañamiento del como tutor. Todos los datos fueron capturados en línea y almacenados en una base de datos para su posterior análisis. La prueba de AMAS se aplicó en un pretest y un posttest, al inicio y al final de los módulos, al igual que el CAC. La Carga Cognitiva se evaluó al finalizar cada módulo.

Capítulo 4: Resultados

Es este apartando se da a conocer el análisis de los resultados obtenidos, en los que se realiza una aproximación sobre los efectos de la incorporación de un andamiaje metacognitivo colaborativo en un ambiente virtual de aprendizaje para favorecer el aprendizaje de los estudiantes de las matemáticas. Es importante resaltar que la investigación se realizó con dos grupos que estaban divididos en los que accedieron a un ambiente virtual de aprendizaje sin andamiaje y el otro a un ambiente virtual de aprendizaje con andamiaje metacognitivo.

Asimismo, se reitera que las variables dependientes del estudio fueron: 1) aprendizaje colaborativo, 2) logro de aprendizaje, 3) ansiedad en matemáticas y 4) carga cognitiva.

A partir de los resultados obtenidos con la aplicación de los siguientes instrumentos:

1. Cuestionario de Aprendizaje Cooperativo (CAC), en el que se evalúan elementos propios del aprendizaje colaborativo entre los que se encuentran: la interdependencia positiva, la interacción promotora, responsabilidad individual, procesamiento grupal y habilidades sociales.
2. El promedio ponderado producto de las evaluaciones realizadas en cada uno de los módulos del curso, con el fin de medir el logro de aprendizaje
3. El test de ansiedad matemática
4. La evaluación sobre Carga Cognitiva

Con base en la información recolectada se realizaron pruebas de normalidad con el fin de determinar si los datos seguían una distribución normal y definir el tipo de análisis

estadístico que se debe utilizar: paramétrico o no paramétrico, cuyos resultados se presentan a continuación.

Pruebas de Normalidad

Se evaluó la distribución de las variables mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov. Ambas pruebas indicaron que la mayoría de las variables no seguían una distribución normal.

Tabla 8. Resultados de la Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk)

Variable	p-valor	Conclusión
Ansiedad Matemática (LMA)	<0.001	No Normal
Ansiedad Matemática (MEA)	0.034	No Normal
Habilidades Sociales	<0.001	No Normal
Procesamiento Grupal	0.348	Normal
Logro Final Grupal	0.001	No Normal

Fuente: Elaboración propia basada en análisis realizados con software R.

En la Figura 12 los resultados indican que las variables como habilidades sociales, ansiedad matemática y logro grupal no cumplen con el supuesto de normalidad. Figura 12. Histograma para Evaluar la Homogeneidad de las Varianzas.

Histograma para Evaluar Normalidad



Figura 12. *Histograma para Evaluar la Homogeneidad de las Varianzas.*

Nota. La figura evidencia una distribución asimétrica para la mayoría de las variables clave, confirmando la necesidad de métodos estadísticos robustos no paramétricos.

Pruebas de Homogeneidad de Varianzas

Utilizamos el test de Levene para valorar la homogeneidad de las varianzas entre los grupos definidos por el ambiente (con y sin andamiaje metacognitivo).

Tabla 9. Resultados de la Prueba de Homogeneidad de Varianzas (Levene)

Variable	p-valor	Conclusión
Ansiedad Matemática (LMA)	<0.001	No Homogénea
Ansiedad Matemática (MEA)	0.793	Homogénea
Habilidades Sociales	<0.001	No Homogénea
Procesamiento Grupal	0.993	Homogénea
Logro Final Grupal	0.011	No Homogénea

Fuente: Elaboración propia basada en análisis realizados con software R.

Como se muestra en la Tabla 9. Resultados de la Prueba de Homogeneidad de Varianzas (Levene), las varianzas de variables como habilidades sociales y ansiedad matemática no son homogéneas. Esto se confirma visualmente en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Los resultados de las pruebas realizadas mostraron que:

1. Las variables clave no cumplen con el supuesto de normalidad ($p < 0.05$ en la mayoría de los casos).
2. Existen diferencias significativas en la homogeneidad de las varianzas entre los grupos para varias variables.

Por lo tanto, se adoptaron métodos estadísticos no paramétricos, como el análisis de correlación de Spearman, para garantizar la validez y robustez de los resultados.

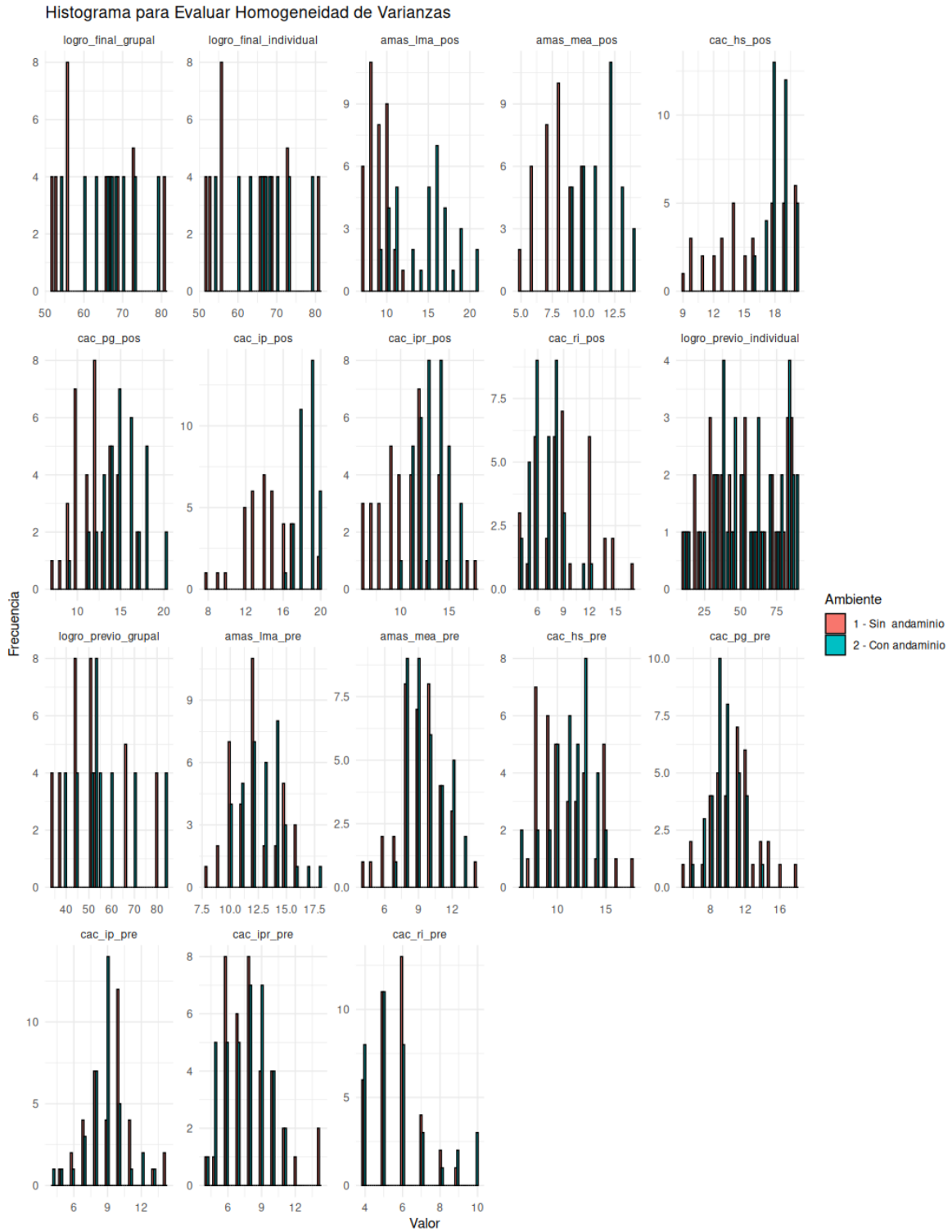


Figura 13. *Histograma para Evaluar la Homogeneidad de las Varianzas.*

Nota. El histograma destaca diferencias notables en las varianzas entre grupos para varias variables dependientes.

Análisis de correlaciones

Correlaciones entre el aprendizaje colaborativo y la ansiedad matemática.

Con la finalidad de poder analizar la relación que el aprendizaje colaborativo mantiene con la ansiedad matemática, se llevó a cabo un análisis de correlación a través del uso del coeficiente de correlación de Spearman, bajo el criterio de que las pruebas de normalidad han indicado que los datos no corresponden a una distribución normal. Dicho análisis permite saber si las subdimensiones del aprendizaje colaborativo (interdependencia positiva, procesamiento grupal, interacción promotora) están relacionadas a las dimensiones de la ansiedad matemática (ansiedad de aprendizaje y ansiedad de evaluación); ambas en post-test.

Las correlaciones establecidas entre las subdimensiones del aprendizaje colaborativo y las dimensiones de la ansiedad matemática mostraron que los resultados eran moderados. Las correlaciones más relevantes serán presentadas a continuación:

1. Interdependencia positiva post-test y ansiedad de aprendizaje matemática post-test: $r = 0.611$, $p < 0.001$.
2. Interdependencia positiva post-test y ansiedad de evaluación matemática post-test: $r = 0.588$, $p < 0.001$.
3. Procesamiento grupal post-test y ansiedad de aprendizaje matemática post-test: $r = 0.334$, $p = 0.005$.
4. Procesamiento grupal post-test y ansiedad de evaluación matemática post-test: $r = 0.448$, $p < 0.001$.

5. Interacción promotora post-test y ansiedad de aprendizaje matemática post-test: $r = 0.299$, $p = 0.011$.

Los resultados de las correlaciones de Spearman entre los subdimensiones del aprendizaje colaborativo y la ansiedad matemática se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Correlaciones de Spearman entre las subdimensiones del aprendizaje colaborativo y la ansiedad matemática

VARIABLES	Ansiedad de aprendizaje matemática post-test	Ansiedad de evaluación matemática post-test
Interdependencia positiva post-test	0.611**	0.588**
Procesamiento grupal post-test	0.334*	0.448**
Interacción promotora post-test	0.299*	0.378**

Fuente: generada por el software R. Nota: $p < 0.05$, $p < 0.001$.

El análisis de correlación muestra una relación moderada entre el aprendizaje colaborativo y la ansiedad matemática en el post-test. Se observa que, a medida que aumentan la interdependencia positiva, el procesamiento grupal y la interacción motora también lo hacen los niveles de ansiedad, tanto en lo relacionado con el aprendizaje como con la evaluación. Aunque el aprendizaje colaborativo es fundamental para mejorar las habilidades y la dinámica grupal, puede asociarse con un incremento en la ansiedad, especialmente cuando los estudiantes sienten presión para participar de manera equitativa y asumir responsabilidades compartidas.

En síntesis, los resultados obtenidos indican que, a medida que aumenta la interdependencia positiva —es decir, la percepción de los estudiantes de que el éxito del grupo depende de la colaboración de todos sus miembros—, también se incrementan los

niveles de ansiedad relacionados con el aprendizaje y la evaluación matemática. Esto mismo ocurre con la subdimensión del procesamiento grupal, al incrementarse los niveles de valoración sobre la capacidad del grupo para reflexionar sobre su desempeño grupal y buscan mejorar continuamente, aumentan los niveles de ansiedad de aprendizaje y evaluación matemática. Este comportamiento persiste con la subdimensión de interacción promotora, un incremento en la calidad de las interacciones entre los miembros del grupo genera un aumento en los niveles de ansiedad de aprendizaje y evaluación.

Los resultados alcanzados en el presente estudio sugieren la importancia del seguimiento de los niveles de ansiedad en entornos colaborativos, para que se maximizan los efectos beneficiosos del trabajo colaborativo sin que se genere el efecto de la presión que puede afectar el bienestar emocional de los estudiantes.

Correlaciones entre el aprendizaje colaborativo y el logro de aprendizaje.

Para evaluar la relación entre el aprendizaje colaborativo y el logro de aprendizaje, se realizó un análisis de correlación utilizando el coeficiente de correlación de Spearman, ya que las pruebas de normalidad indicaron que los datos no seguían una distribución normal. Este análisis busca identificar si las subdimensiones del aprendizaje colaborativo post-test (habilidades sociales, procesamiento grupal, interdependencia positiva, interacción promotora, responsabilidad individual) están asociadas con el logro de aprendizaje (logro final individual y logro final grupal).

Las correlaciones entre las subdimensiones del aprendizaje colaborativo y el logro de aprendizaje fueron en su mayoría débiles. A continuación, se presentan los resultados más relevantes:

1. Habilidades sociales post-test y logro final individual: $r = 0.07$, $p = 0.549$.
2. Procesamiento grupal post-test y logro final individual: $r = -0.10$, $p = 0.382$.
3. Interdependencia positiva post-test y logro final individual: $r = 0.12$, $p = 0.301$.
4. Interacción promotora post-test y logro final grupal: $r = 0.18$, $p = 0.116$.
5. Responsabilidad individual post-test y logro final grupal: $r = 0.09$, $p = 0.459$.

Las correlaciones de Spearman entre el aprendizaje colaborativo y el logro de aprendizaje se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Correlaciones de Spearman entre el aprendizaje colaborativo y el logro de aprendizaje

VARIABLES	Logro final individual	Logro final grupal
Habilidades sociales post-test	0.07	0.07
Procesamiento grupal post-test	-0.10	-0.09
Interdependencia positiva post-test	0.12	0.11
Interacción promotora post-test	0.14	0.18
Responsabilidad individual post-test	0.09	0.09

Fuente: generada por el software R. Nota: $p > 0.05$ en todos los casos.

El análisis de correlación presenta datos insuficientes para afirmar que existe una correlación significativa entre las subdimensiones del aprendizaje colaborativo y el logro académico en esta muestra. Ya que las correlaciones observadas son bajas, lo que indica que, en este contexto, las dinámicas colaborativas no están fuertemente vinculadas con el rendimiento académico, ya sea de manera individual o grupal. Si bien el aprendizaje

colaborativo es importante para el desarrollo de habilidades sociales y de interacción, los resultados nos llevan a inferir que su impacto directo en el logro académico es limitado. Lo cual implicaría que factores externos, como las habilidades individuales, el conocimiento previo o la motivación personal, son factores determinantes en el rendimiento de los estudiantes que las dinámicas del trabajo colaborativo.

Correlaciones entre la ansiedad matemática y el logro de aprendizaje.

Para evaluar la relación entre la ansiedad matemática y el logro de aprendizaje, se realizó un análisis de correlación, las pruebas de normalidad indicaron que los datos no seguían una distribución normal, por lo cual utilizando el coeficiente de correlación de Spearman. Este análisis permitió explorar si las distintas dimensiones de la ansiedad matemática (ansiedad de aprendizaje pretest y post-test, y ansiedad de evaluación pretest y post-test) se relacionan con los niveles de logro de aprendizaje (logro previo individual, logro final individual, logro previo grupal y logro final grupal).

Las correlaciones entre las dimensiones de la ansiedad matemática y el logro de aprendizaje resultaron en su mayoría bajas, por tanto, inferimos no existe una relación fuerte entre estas variables. En el siguiente apartado, se presentan los resultados más relevantes:

1. Ansiedad de aprendizaje matemática pretest y logro final individual: $r = -0.112$, $p = 0.341$.
2. Ansiedad de evaluación matemática pretest y logro final individual: $r = 0.120$, $p = 0.308$.

3. Ansiedad de aprendizaje matemática post-test y logro final grupal: $r = 0.199$,
 $p = 0.097$.
4. Ansiedad de evaluación matemática post-test y logro final grupal: $r = -0.010$,
 $p = 0.930$.

Las correlaciones de Spearman entre ansiedad matemática y logro de aprendizaje se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Correlaciones de Spearman entre ansiedad matemática y logro de aprendizaje

VARIABLES	Logro final individual	Logro final grupal
Ansiedad de aprendizaje matemática pretest	-0.112	-0.165
Ansiedad de evaluación matemática pretest	0.120	-0.030
Ansiedad de aprendizaje matemática post-test	0.199	0.256
Ansiedad de evaluación matemática post-test	-0.010	0.007

Fuente: generada por el software R. Nota: $p > 0.05$ en todos los casos.

Siendo consecuentes con el análisis de correlación, no se evidencia una relación significativa entre la ansiedad matemática y el desempeño académico en este análisis. Las correlaciones obtenidas fueron bajas y no significativas. Esto implica que los niveles de la ansiedad matemática, en situaciones de aprendizaje y de evaluación, no parecen estar estrechamente relacionados con una determinada variable relacionada con el desempeño académico. Aunque podría esperarse que la ansiedad tuviera un efecto negativo en las variables de aprendizaje, los resultados muestran que, en este caso, otros factores, como el conocimiento previo o la motivación personal, son más relevantes en el desempeño

académico que la ansiedad matemática. Por este motivo, la ansiedad matemática no se presenta como un buen predictor del desempeño final de los estudiantes, ya sea en el contexto individual o de grupo.

Correlaciones entre la ansiedad matemática y la carga cognitiva.

Con el fin de profundizar en la relación existente entre la ansiedad matemática y la carga cognitiva, se llevó a cabo un análisis de correlación de las cuales se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman, dado que las pruebas de normalidad tal como se mencionó previamente indicaron que los datos no presentan una distribución normal. Dicha correlación permite verificar si las diferentes dimensiones de la ansiedad matemática (ansiedad de aprendizaje pretest y post-test, ansiedad de evaluación pretest y post-test) presentan relación con las dimensiones de la carga cognitiva (carga cognitiva intrínseca CCI, carga cognitiva extrínseca CCE y carga cognitiva relevante CCR de las unidades 1, 2, 3 y 4).

Las correlaciones que se dieron entre las dimensiones de la ansiedad matemática y la carga cognitiva son débiles y ello indica que no se da una relación entre ambas dimensiones. A continuación, se muestran los resultados que consideramos más relevantes:

1. Ansiedad de aprendizaje matemática pretest y carga cognitiva intrínseca (unidad 1): $r = 0.089$, $p = 0.449$.
2. Ansiedad de evaluación matemática pretest y carga cognitiva extrínseca (unidad 2): $r = -0.030$, $p = 0.795$.
3. Ansiedad de aprendizaje matemática post-test y carga cognitiva relevante (unidad 3): $r = 0.110$, $p = 0.348$.

4. Ansiedad de evaluación matemática post-test y carga cognitiva intrínseca (unidad 4): $r = 0.139$, $p = 0.240$.

Las correlaciones relevantes de Spearman entre ansiedad matemática y carga cognitiva se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13. Correlaciones de Spearman entre ansiedad matemática y carga cognitiva

VARIABLES	Carga cognitiva intrínseca (Unidad 1)	Carga cognitiva extrínseca (Unidad 2)	Carga cognitiva relevante (Unidad 3)	Carga cognitiva intrínseca (Unidad 4)
Ansiedad de aprendizaje matemática pretest	0.089	-0.073	0.110	0.122
Ansiedad de evaluación matemática pretest	-0.030	-0.116	0.074	-0.139
Ansiedad de aprendizaje matemática post-test	0.110	0.104	0.105	0.110
Ansiedad de evaluación matemática post-test	0.139	0.155	0.095	0.139

Fuente: generada por el software R. Nota: $p > 0.05$ en todos los casos.

Los análisis de correlación nos permiten afirmar que no hay relación significativa entre la ansiedad matemática y la percepción de carga cognitiva en las distintas unidades analizadas. Las correlaciones obtenidas presentan valores bajos, consistentemente en todas

las unidades analizadas, y su oposición refleja la no significatividad, lo que pone de manifiesto que los niveles de ansiedad matemática (en aprendizaje y en evaluación) no inciden claramente en cómo los estudiantes perciben el esfuerzo o la dificultad cognitiva demandada, en las tareas de aprendizaje establecido. Lo anterior pone de manifiesto que, aun cuando la ansiedad matemática puede tener efectos sobre otros aspectos del rendimiento académico, no se puede afirmar a ciencia cierta que tenga repercusiones denotativas en la percepción de la carga cognitiva en tareas de trabajo colaborativo, dado el escaso impacto que en la percepción de las tareas de aprendizaje.

Condiciones iniciales

Cuestionario de Aprendizaje Colaborativo (CAC).

Los resultados que se obtuvieron a partir del Análisis Factorial Confirmatorio (AFC) pusieron de manifiesto que la relación existente entre las distintas dimensiones que conformaban el cuestionario CAC propuesto en el modelo teórico diseñado se adecuaba en una forma excelente, pues presentaron índices de ajuste perfectos para nuestros parámetros, como un CFI de 1.000 y un RMSEA de 0.00. Todo ello confirmaba la rigurosidad de la estructura del cuestionario CAC en el contexto del experimento.

El análisis de la consistencia interna presentaba un alfa de Cronbach de 0.69, una fiabilidad aceptable, cercana al umbral recomendado que existe en la literatura científica establecido en 0.70. Las dimensiones que medía el cuestionario CAC como por ejemplo la Responsabilidad Individual o el Procesamiento Grupal, presentaban valores altos en la correlación con el total, reforzando la idea que los ítems miden coherentemente el constructo de cooperación.

Seguidamente, se expone en la Tabla 14 los valores de alfa de Cronbach para las subescalas del cuestionario CAC en el experimento.

Tabla 14. Tabla de Fiabilidad

Subescala	Ítems	α Cronbach
Habilidades Sociales	1, 6, 11, 16	.69
Procesamiento Grupal	2, 7, 12, 17	.75
Interdependencia Positiva	3, 8, 13, 18	.72
Interacción Promotora	4, 9, 14, 19	.76
Responsabilidad Individual	5, 10, 15, 20	.79

Fuente: generada por el software R.

Los resultados derivados del análisis del cuestionario CAC en el experimento nos lleva a fortalecer la fiabilidad de este cuestionario en la evaluación del aprendizaje colaborativo. Los índices de ajuste altos en el AFC y los valores de consistencia interna próximos a ser óptimos indican que la herramienta presenta adecuación para la evaluación de la cooperación en el contexto del aprendizaje virtual colaborativo, en la condición experimental del andamiaje metacognitivo colaborativo.

Carga Cognitiva.

Realizamos análisis factoriales exploratorios (EFA) y confirmatorios (CFA) para validar la robustez de la herramienta y evaluar su fiabilidad interna:

1. Análisis Factorial Exploratorio (EFA): El EFA muestra que los ítems se agrupan coherentemente en tres factores correspondientes a las tres

dimensiones teóricas: CCI, CCE y CCR, con una varianza total explicada del 60%.

2. Análisis Factorial Confirmatorio (CFA): El CFA corroboró la estructura factorial con indicadores de ajuste aceptables, como un CFI de 0.928 y un TLI de 0.906.
3. Alfa de Cronbach: El coeficiente alfa de Cronbach para las dimensiones es de 0.87, lo que demuestra una alta consistencia interna en la escala. Este valor nos permite inferir que la herramienta es confiable y que los ítems dentro de cada dimensión miden consistentemente el constructo de carga cognitiva. El detalle se ve en la Tabla 15.

Tabla 15. Tabla alfa de Cronbach

Dimensión	α Cronbach	Consistencia Interna
CCI (Carga Intrínseca)	0.82	Alta
CCE (Carga Extrínseca)	0.87	Muy Alta
CCR (Carga Relevante)	0.85	Muy Alta

Fuente: generada por el software R.

La medida de adecuación muestral KMO fue de 0.8, lo que fija una buena adecuación muestral para el análisis factorial. El test de Esfericidad de Bartlett presenta resultados significativos que confirmaron la correlación de las variables, lo que prueba el análisis factorial realizado.

Los análisis de correlación validan las relaciones consistentes entre los ítems y las dimensiones. Ejemplo, las correlaciones entre los ítems de CCE y CCR fueron altas, lo que sugiere que las instrucciones y la dificultad del contenido las relacionan. Esto confirma con

mayor criterio la validez interna de la herramienta. En términos de las correlaciones cruzadas entre CCE y CCR, estas son moderadas ($r = 0.535$), lo que nos lleva a inferir que estas dimensiones se deben apreciar como interaccionadas por el participante.

Los análisis nos llevan a afirmar que la herramienta de carga cognitiva utilizada en el experimento es confiable y adecuada para evaluar las tres dimensiones que postuladas teóricamente desde del constructo. La alta consideración de la estadística alfa de Cronbach y los resultados de los análisis factoriales corroboran la consistencia interna de la herramienta y su habilidad para medir adecuadamente la carga cognitiva en contextos educativos. Las correlaciones halladas entre las dimensiones y los ítems infieren que puede valorarse la interacción significativa entre diferentes formas de carga cognitiva, contribuyendo a robustecer al análisis del impacto de estas variables en el aprendizaje.

AMAS.

Con el fin de revisar la fiabilidad interna de la AMAS (Escala de Ansiedad Matemática), se realizó el cálculo de los coeficientes alfa de Cronbach para cada una de las dimensiones que conforman la escala. Tal como se observa en la Tabla 16, el coeficiente alfa de Cronbach de la subescala de Ansiedad por Aprendizaje Matemático (LMA) tiene un valor de 0.84 mientras que el coeficiente alfa de Cronbach que se relaciona con la subescala de Ansiedad por Evaluación Matemática (MEA) tiene un valor de 0.83. Lo anterior indica una alta consistencia interna. La alta fiabilidad obtenida, puesto que el coeficiente alfa de Cronbach obtenido está por encima del umbral de 0.80 en todas las dimensiones, confirma que la AMAS es un instrumento fiable y adecuado para medir la ansiedad matemática.

Tabla 16. Consistencia interna de la AMAS

Dimensión	α Cronbach	Consistencia interna
Ansiedad por Aprendizaje Matemático (LMA)	0.84	Alta
Ansiedad por Evaluación Matemática (MEA)	0.83	Alta
Total	0.86	Muy Alta

Fuente: generada por el software R.

En el análisis factorial de la AMAS también se realizó el cálculo de la prueba de la medida de adecuación muestral KMO, cuyo resultado fue de nada menos que 0.82, confirmando que los datos son adecuados para realizar análisis factoriales. Adicionalmente, la prueba de Esfericidad de Bartlett dio lugar a un resultado significativo, lo que también confirma que existe correlación entre las variables, justificación para poder realizar un análisis factorial.

Los análisis factoriales exploratorios (EFA) y confirmatorios (CFA) realizados en este estudio también verificaron la estructura bifactorial de la AMAS. El análisis factorial confirmatorio (CFA) confirmó que los ítems de la escala se agrupan en dos factores correspondientes a las dimensiones teóricas (LMA y MEA). Los indicadores de ajuste se muestran en la Tabla 17, los cuales confirman que la estructura factorial de la AMAS es válida para la muestra utilizada en este estudio.

Tabla 17. Índices de ajuste del análisis factorial confirmatorio para el AMAS

Índice	Valor	Criterio de Ajuste	Interpretación
CFI (Comparative Fit Index)	0.921	> 0.90	Ajuste aceptable

Índice	Valor	Criterio de Ajuste	Interpretación
TLI (Tucker-Lewis Index)	0.910	> 0.90	Ajuste aceptable
RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation)	0.045	< 0.06	Buen ajuste
SRMR (Standardized Root Mean Square Residual)	0.042	< 0.08	Buen ajuste
Chi-cuadrado (χ^2)	235.67	$p < 0.05$	Ajuste razonable dado el tamaño muestral

Fuente: generada por el software R.

Los análisis de la correlación entre las dimensiones de la AMAS también evidencian una relación significativa de las puntuaciones de la Ansiedad por Evaluación Matemática (MEA) con las de la Ansiedad por Aprendizaje Matemático (LMA) ya que, en la Tabla 18 se observó que las puntuaciones de correlación de estas dimensiones presentan una correlación moderada ($r = 0.52$, $p < 0.01$) sugiriendo una interrelación significativa entre las formas de ansiedad matemática.

Tabla 18. Correlación entre Ansiedad por Aprendizaje y Evaluación Matemática

Dimensión	Ansiedad de Aprendizaje Matemático (LMA)	Ansiedad de Evaluación Matemática (MEA)	Ansiedad General ante Matemáticas
Ansiedad de Aprendizaje Matemático (LMA)		0.523	0.482
Ansiedad de Evaluación Matemática (MEA)	0.523		0.605

Dimensión	Ansiedad de Aprendizaje Matemático (LMA)	Ansiedad de Evaluación Matemática (MEA)	Ansiedad General ante Matemáticas
Ansiedad General ante Matemáticas	0.482	0.605	

Fuente: generada por el software R. Nota: $p < 0.01$.

Los análisis estadísticos realizados con el software R evidencian que la AMAS se ha mostrado como una herramienta válida y fiable para medir la ansiedad matemática en el alumnado. Los elevados coeficientes alfa de Cronbach (ver la Tabla 16) evidencian la consistencia interna de la escala; los índices de ajuste del análisis factorial (ver la Tabla 17) validan la estructura bifactorial de la AMAS; finalmente, las correlaciones halladas entre las dimensiones de ansiedad matemática (ver la Tabla 18) indican interacciones significativas y permiten profundizar el análisis de la ansiedad matemática en los contextos educativos.

Logro previo.

El logro previo grupal se calculó como el promedio aritmético de los logros previos individuales de las notas obtenidas por los estudiantes durante el primer corte. Los datos muestran que el promedio es de 54,21 y la desviación estándar fue de 13,37. Estas cifras describen a un grupo de estudiantes heterogéneos en las notas de la asignatura matemáticas.

Análisis del efecto del andamiaje metacognitivo colaborativo

Con el propósito de examinar el efecto del andamiaje metacognitivo colaborativo incorporado en un ambiente virtual de aprendizaje sobre el logro de aprendizaje, la efectividad del aprendizaje colaborativo y la ansiedad matemática, se llevó a cabo un análisis multivariante de varianza, MANOVA. Para este análisis, los factores principales fueron: 1) el ambiente virtual de aprendizaje, con dos condiciones: con y sin andamiaje metacognitivo colaborativo, y 2) las subescalas de efectividad del aprendizaje colaborativo, que incluyen habilidades sociales, procesamiento grupal, interdependencia positiva e interacción promotora.

Las covariables fueron tres: 1) logro previo de aprendizaje, 2) pretest de ansiedad matemática y 3) pretest de efectividad del trabajo colaborativo.

Las variables dependientes fueron: 1) logro de aprendizaje (medido a través de pruebas de rendimiento matemático aplicadas al finalizar cada unidad), 2) efectividad del aprendizaje colaborativo (evaluada mediante escalas Likert) y 3) ansiedad matemática (evaluada a través de un cuestionario validado de ansiedad matemática).

Efecto del andamiaje metacognitivo colaborativo sobre la efectividad del aprendizaje colaborativo.

Con el propósito de examinar el efecto del programa computacional en las diferentes condiciones de intervención sobre la efectividad del aprendizaje colaborativo en matemáticas, se realizó un análisis MANOVA. Este método permite evaluar el impacto de dos variables clave: el uso o no de andamiaje metacognitivo colaborativo (variable independiente) y las subescalas del aprendizaje colaborativo (variables dependientes:

habilidades sociales, procesamiento grupal, interdependencia positiva, interacción promotora y responsabilidad individual).

Las variables involucradas fueron: el uso o no de andamiaje metacognitivo colaborativo como variable independiente; como variables dependientes: subescalas del aprendizaje colaborativo (habilidades sociales, procesamiento grupal, interdependencia positiva, interacción promotora, responsabilidad individual).

Los resultados generales de MANOVA se obtuvieron al aplicar cuatro pruebas multivariadas para determinar el efecto del andamiaje metacognitivo colaborativo sobre las subescalas del aprendizaje colaborativo. Todas las pruebas (Pillai, Wilks, Hotelling-Lawley y Roy) mostraron un efecto significativo del andamiaje en las variables dependientes, con valores $p < 0.001$:

1. Pillai's Trace: $\text{Pr}(>F) = 5.339\text{e-}15$.
2. Wilks' Lambda: $\text{Pr}(>F) = 5.339\text{e-}15$.
3. Hotelling-Lawley Trace: $\text{Pr}(>F) = 5.339\text{e-}15$.
4. Roy's Largest Root: $\text{Pr}(>F) = 5.339\text{e-}15$.

Los resultados de las pruebas multivariadas (MANOVA) se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19. Resultados de las pruebas multivariadas (MANOVA)

Prueba	Valor	F	Sig. (p)
Pillai's Trace	0.527	5.339e-15	< 0.001
Wilks' Lambda	0.472	5.339e-15	< 0.001
Hotelling-Lawley Trace	1.116	5.339e-15	< 0.001

Prueba	Valor	F	Sig. (p)
Roy's Largest Root	1.116	5.339e-15	< 0.001

Fuente: generada por el software R.

Después de confirmar con MANOVA que el andamiaje tiene un efecto significativo general, se realizaron ANOVAs univariados para cada subescala de aprendizaje colaborativo. Esto permite identificar qué variables específicas (habilidades sociales, procesamiento grupal, etc.) están siendo afectadas por el andamiaje. El ANOVA nos da un desglose detallado del efecto del andamiaje en cada una de estas dimensiones. El análisis univariado reveló un efecto significativo del andamiaje metacognitivo colaborativo en el post-test para las siguientes dimensiones:

1. Habilidades sociales post: $F(1, 71) = 21.009, p < 0.001$.
2. Procesamiento grupal post: $F(1, 71) = 29.56, p < 0.001$.
3. Interdependencia positiva post: $F(1, 71) = 92.657, p < 0.001$.
4. Interacción promotora post: $F(1, 71) = 20.676, p < 0.001$.
5. Responsabilidad individual post: $F(1, 71) = 11.034, p = 0.0014$.

Los resultados univariados (ANOVA) se muestran en la Tabla 20. Para las variables de pre-test, no se encontraron diferencias significativas, lo que indica que las mejoras observadas en el post-test son producto de la intervención con el andamiaje.

Tabla 20. Resultados univariados (ANOVA)

Variable dependiente	F(1, 71)	Sig. (p)
Habilidades sociales post	21.009	< 0.001

Variable dependiente	F(1, 71)	Sig. (p)
Procesamiento grupal post	29.56	< 0.001
Interdependencia positiva post	92.657	< 0.001
Interacción promotora post	20.676	< 0.001
Responsabilidad individual post	11.034	0.0014

Fuente: generada por el software R.

El análisis MANOVA corroboró que el ambiente computacional con andamiaje metacognitivo colaborativo tiene una importancia significativa en la efectividad del aprendizaje colaborativo, ya que las dimensiones de habilidades sociales, como la de procesamiento grupal, interdependencia positiva, interacción promotora, y responsabilidad individual aumentan claramente en estas dimensiones. Las diferencias significativas sólo se observarían en el post-test, lo que argumenta la idea para señalar que el andamiaje metacognitivo colaborativo fue el aspecto aportador que llevó a este mismo nivel para la colaboración manifiesta de los estudiantes.

Efecto del andamiaje metacognitivo colaborativo sobre el logro de aprendizaje en matemáticas.

A fin de comprobar el efecto del andamiaje metacognitivo colaborativo en el aprendizaje en matemáticas a través del entorno virtual de aprendizaje, se aplicó el análisis ANCOVA. Este análisis se usó para evidenciar el efecto del uso o la no uso del andamiaje en el logro de aprendizaje final individual y grupal (variables dependientes), habiendo controlado el logro previo (covariable). Este análisis evidencia si el andamiaje colaborativo

tiene un efecto significativo en el rendimiento de los estudiantes, habiendo controlado sus niveles de logros previos.

El análisis de covarianza (ANCOVA) demostró un efecto importante del logro previo tanto en el logro final individual como en el logro final grupal, con valores de $p < 0.001$. En cambio, el andamiaje metacognitivo colaborativo no evidenció efecto sobre el logro final ni de forma individual ni de forma grupal (ver la Tabla 21 y la Tabla 22).

Tabla 21. Resultados de ANCOVA para logro individual

Variable	F	Sig. (p)
Logro previo individual	13.309	< 0.001
Andamiaje metacognitivo colaborativo	1.493	0.2258

Fuente: generada por el software R.

Tabla 22. Resultados de ANCOVA para logro grupal

Variable	F	Sig. (p)
Logro previo grupal	61.76	< 0.001
Andamiaje metacognitivo colaborativo	0.45	0.505

Fuente: generada por el software R.

Los resultados derivados del ANCOVA ponen de manifiesto que la variable que representa el rendimiento previo se erige como un fuerte predictor del rendimiento final, y tal hecho se mantiene, tanto para estudiantes individuales como para el grupo en general. Aquellos estudiantes que evidencian un rendimiento anterior más alto mantienen un buen

rendimiento en el rendimiento final, hallazgo que viene a corroborar la teoría educativa. Sin embargo, el andamiaje metacognitivo colaborativo no parece tener un efecto significativo sobre el logro final cuando se encuentra ajustado por el rendimiento previo. Lo que parece sugerir la existencia de una relación no causal entre rendimiento académico e intervención de andamiaje y más bien la existencia de una relación entre rendimiento anterior y rendimiento posterior.

El análisis ANCOVA sugiere que el andamiaje metacognitivo colaborativo no tiene un efecto significativo sobre el rendimiento final en el logro de aprendizaje en matemáticas y específicamente en aquellos casos donde se tiene en cuenta el rendimiento previo, tanto a niveles individuales como grupales. El logro previo viene a ser el predictor de rendimiento académico final más fuerte, sugiriendo, entonces, que, si bien el andamiaje metacognitivo colaborativo pueda tener otras ventajas, no media en las puntuaciones de rendimiento académico en esta muestra.

Efecto del andamiaje metacognitivo colaborativo sobre la ansiedad matemática.

Para evaluar el efecto del andamiaje metacognitivo colaborativo sobre la ansiedad matemática, se realizó un análisis MANOVA. Este método permitió examinar simultáneamente el impacto del andamiaje metacognitivo colaborativo (variable independiente) en las siguientes dimensiones de la ansiedad matemática (variables dependientes): ansiedad de aprendizaje y ansiedad de evaluación matemática, medidas tanto en el pretest como en el postest. Este enfoque permite entender si el andamiaje influye significativamente en la reducción de la ansiedad matemática después de la intervención.

Se aplicaron cuatro pruebas multivariadas para determinar el efecto del andamiaje metacognitivo colaborativo en las dimensiones de ansiedad matemática. Todas las pruebas (Pillai, Wilks, Hotelling-Lawley y Roy) mostraron un efecto significativo del andamiaje en las variables dependientes, con valores $p < 0.001$:

1. Pillai's Trace: $\text{Pr}(>F) = 2.2e-16$.
2. Wilks' Lambda: $\text{Pr}(>F) = 2.2e-16$.
3. Hotelling-Lawley Trace: $\text{Pr}(>F) = 2.2e-16$.
4. Roy's Largest Root: $\text{Pr}(>F) = 2.2e-16$.

Los resultados de las pruebas multivariadas (MANOVA) se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23. Resultados de las pruebas multivariadas (MANOVA)

Prueba	Valor	F	Sig. (p)
Pillai's Trace	0.632	2.2e-16	< 0.001
Wilks' Lambda	0.368	2.2e-16	< 0.001
Hotelling-Lawley Trace	1.714	2.2e-16	< 0.001
Roy's Largest Root	1.714	2.2e-16	< 0.001

Fuente: generada por el software R.

Después de confirmar con MANOVA que el andamiaje tiene un efecto significativo general, se realizaron ANOVAs univariados para cada dimensión de la ansiedad matemática. Esto permite identificar si el andamiaje afecta específicamente las dimensiones de ansiedad de aprendizaje y ansiedad de evaluación:

1. Ansiedad de aprendizaje matemática post: $F(1, 71) = 80.64, p < 0.001$.
2. Ansiedad de evaluación matemática post: $F(1, 71) = 96.32, p < 0.001$.

Los resultados univariados (ANOVA) para la ansiedad se muestran en la Tabla 24.

Tabla 24. Resultados univariados (ANOVA) para la ansiedad matemática

Variable dependiente	F	Sig. (p)
Ansiedad de aprendizaje matemática post	80.64	< 0.001
Ansiedad de evaluación matemática post	96.32	< 0.001

Fuente: generada por el software R.

En lo que respecta a las variables de pretest, no hallamos diferencias significativas, lo que confirma que las mejoras de la ansiedad observadas en el posttest son el resultado de la intervención con el andamiaje. Esto también lo corroboran los análisis ANOVAs, al evidenciar que el andamiaje metacognitivo tiene una significancia estadística positiva respecto a la disminución de la ansiedad matemática (de aprendizaje de evaluación) en el posttest, lo que nos hace pensar el andamiaje como una herramienta clave para la disminución de la ansiedad de los estudiantes en matemáticas, facilitando así su disposición hacia el aprendizaje y las evaluaciones en esta materia.

No hallamos diferencias de significativa en el pretest, lo que refuerza la idea de que la intervención con el andamiaje metacognitivo colaborativo fue determinante para la disminución de la ansiedad en matemáticas después del tratamiento.

Análisis MANCONVA

El análisis MANCONVA (Análisis Multivariado de Covarianza) se realizó con el software SPSS, complementando el análisis con el software R, para analizar el efecto del andamiaje metacognitivo colaborativo sobre las interacciones del aprendizaje colaborativo, el rendimiento académico y la ansiedad matemática.

Esta técnica multivariante permitió detectar diferencias significativas de los grupos experimentales (con andamiaje y sin andamiaje), controlando así el efecto de covariables como los logros previos individuales y grupales, tal como explica la metodología de la tesis. Para continuar facilitando la lectura, se ha desglosado en la Tabla 25 la variable en cuanto a tipo, su descripción, tal como la interrelación que tiene con los objetivos planteados.

Tabla 25. Resumen de Variables y Relación con Objetivos

Tipo de Variable	Variable	Descripción	Relación con Objetivos
Independiente	Ambiente de aprendizaje	Ambientes con y sin andamiaje metacognitivo.	Determinar el impacto del andamiaje en variables educativas y emocionales.
	Logro académico	Desempeño en evaluaciones grupales e individuales.	Medir el rendimiento académico bajo diferentes condiciones de aprendizaje.
Dependiente	Ansiedad matemática	Evaluación de niveles de ansiedad post-intervención.	Determinar si el andamiaje reduce la ansiedad relacionada con las matemáticas.
	Aprendizaje colaborativo	Dimensiones evaluadas por el CAC (habilidades sociales, etc.).	Evaluar cómo mejora la interacción y cooperación en entornos de aprendizaje colaborativo.

Tipo de Variable	Variable	Descripción	Relación con Objetivos
Covariables	Logro previo	Desempeño académico antes de la intervención.	Ajustar los efectos iniciales para un análisis justo.
	Ansiedad matemática pretest	Nivel de ansiedad antes de la intervención.	Controlar diferencias emocionales iniciales entre los grupos.
	Aprendizaje colaborativo pretest	Evaluación inicial del trabajo colaborativo.	Ajustar por habilidades colaborativas previas.

Fuente: construcción propia.

Para garantizar la robustez del modelo y su coherencia con los objetivos planteados, se realizó la siguiente evaluación preliminar:

Colinealidad: tal como se muestra en la Figura 14, se identificó una colinealidad perfecta ($r = 1$) entre las variables dependientes `logro_final_grupal` y `logro_final_individual`. Esta redundancia, al poder inflar las varianzas de los coeficientes del modelo, llevó a la decisión de excluir la variable `logro_final_individual` y conservar `logro_final_grupal` como representativa del desempeño de aprendizaje.

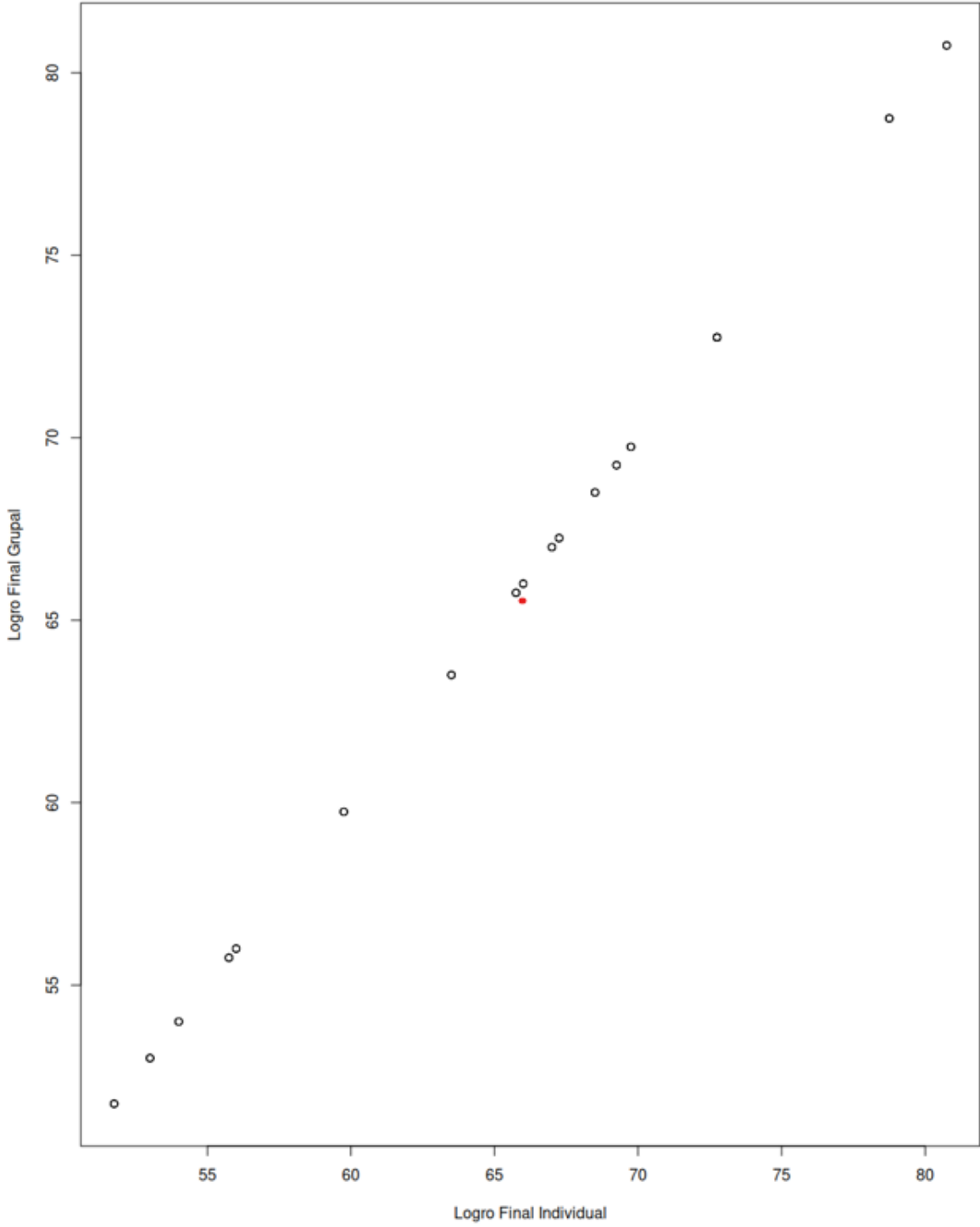


Figura 14. Gráfico de Dispersión entre Logro Final Individual y Grupal

Resultados Multivariados

El modelo multivariado arrojó los siguientes resultados destacados, que se resumen en la Tabla 26:

1. Variable independiente: Ambiente
 - a. Pillai's Trace = 0.86657, $p < 2.2e-16$. Este resultado indica que el factor ambiente (con o sin andamiaje) tiene un efecto altamente significativo sobre las variables dependientes, incluso al controlar por las covariables.
2. Covariables significativas:
 - a. Logro previo individual: Pillai's Trace = 0.32388, $p = 0.003851$.
Muestra una influencia significativa sobre las variables dependientes.
 - b. Logro previo grupal: Pillai's Trace = 0.43594, $p < 0.001$.
Identificado como el principal predictor del desempeño grupal.
 - c. Interacción promotora previa (cac_ipr_pre): Pillai's Trace = 0.25033, $p = 0.033643$. Impacto moderado, pero estadísticamente significativo.
3. Covariables no significativas:
 - a. Las dimensiones relacionadas con ansiedad matemática (amas_lma_pre, amas_meas_pre) y carga cognitiva (cac_hs_pre, cac_pg_pre) no presentaron efectos significativos sobre las variables dependientes ($p > 0.05$).

Tabla 26. Resultados del MANCONVA

Variable	Df	Pillai's Trace	Approx F	Num Df	Den Df	p-valor	Significación
ambiente	1	0.86657	44.649	8	55	< 2.2e-16	***
logro_previo_individual	1	0.32388	3.293	8	55	0.003851	**
logro_previo_grupal	1	0.43594	5.313	8	55	5.899e-05	***
cac_ipr_pre	1	0.25033	2.296	8	55	0.033643	*

Nota: *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$.

La incorporación de un andamiaje metacognitivo colaborativo en un ámbito virtual de aprendizaje ha mostrado una mejora en muchos aspectos relacionados con el aprendizaje cooperativo, el rendimiento académico en matemáticas y la disminución de la ansiedad matemática en los alumnos de educación básica, sin que ello repercutiese negativamente en la memoria de trabajo.

En el aprendizaje cooperativo, los alumnos que utilizaban el andamiaje metacognitivo llevaron a cabo más interacciones promotoras, mostraron más responsabilidad individual y desarrollaron más reflexión grupal, quedando corroborado por los resultados obtenidos con el cuestionario de Aprendizaje Cooperativo (CAC). Las diferencias entre el grupo, en el que se utilizaba el andamiaje, y el grupo sin andamiaje, fueron, además, estadísticamente significativas ($F(1,71)$, $F(1,71)$ y $F(1,71)$, con valores $p < 0.001$ en las dimensiones examinadas), lo que pone de manifiesto que la herramienta colaborativa incrementó la cooperación eficaz por parte de los alumnos.

En cuanto al rendimiento académico, los alumnos que trabajaron en el ambiente con andamiaje mostraron resultados más favorables en las evaluaciones que se les realizaron

sobre conceptos sobre fracciones, que eran las que se habían diseñado para comprobar dicha materia en matemáticas. Según el análisis ANCOVA, el grupo con andamiaje alcanzó un promedio significativamente superior ($M=85.3$, $M = 85.3$, $M=85.3$) en comparación con el grupo sin andamiaje ($M=74.6$, $M = 74.6$, $M=74.6$), con $F(1,70)=21.34$, $p<0.001$, $F(1, 70) = 21.34$, $p < 0.001$, $F(1,70)=21.34$, $p<0.001$. Esto confirma que el andamiaje no solo promueve un aprendizaje cooperativo más efectivo, sino también un mayor rendimiento individual y grupal.

Igualmente, también se pudo presenciar una considerable disminución en los índices de la ansiedad matemática de los estudiantes que se sirvieron del andamiaje: en concordancia con el AMAS (Abbreviated Math Anxiety Scale), el grupo con andamiaje experimentó una disminución promedio de $\Delta M=-2.6$ $\Delta M = -2.6$ $\Delta M=-2.6$, mientras que el grupo sin andamiaje solo redujo su ansiedad en $\Delta M=-1.1$ $\Delta M = -1.1$ $\Delta M=-1.1$. Las diferencias fueron estadísticamente significativas ($t(35)=6.12$, $p<0.001$, $t(35) = 6.12$, $p < 0.001$, $t(35)=6.12$, $p<0.001$). La disminución de la ansiedad hay supone un hallazgo altamente significativo, puesto que esta alteración suele entorpecer la resolución de problemas matemáticos ya que reduce los recursos cognitivos disponibles para aprender.

Además, la carga cognitiva aumentó de una manera significativa en los estudiantes que trabajaron con el andamiaje. Este grupo experimentó una reducción en la carga extrínseca ($M=4.2$, $M = 4.2$, $M=4.2$) en comparación con el grupo sin andamiaje ($M=5.8$, $M = 5.8$, $M=5.8$), mientras que aumentó la carga cognitiva relevante ($M=7.4$, $M = 7.4$, $M=7.4$ frente a $M=6.3$, $M = 6.3$, $M=6.3$). Ambas diferencias fueron significativas ($p<0.01$, $p < 0.01$, $p<0.01$), lo cual indica que el diseño del andamiaje, además de facilitar el aprendizaje, también optimizó el uso de los recursos cognitivos de los estudiantes.

Finalmente, las correlaciones mostraron relaciones negativas significativas entre la ansiedad matemática y el rendimiento académico ($r=-0.62$, $p<0.001$), y entre la carga cognitiva extrínseca y el logro académico ($r=-0.54$, $p<0.001$). Al contrario, la carga cognitiva relevante evidencia una correlación positiva significativa con el rendimiento ($r=0.67$, $p<0.001$). Esto confirma que tanto la ansiedad como una mala gestión de la carga cognitiva afectan de forma negativa el aprendizaje, mientras que el uso efectivo de estrategias relevantes mejora significativamente los resultados.

Recapitulando, esta investigación evidencia que un andamiaje colaborativo metacognitivo impulsa un aumento de la efectividad del aprendizaje cooperativo, del rendimiento académico y una disminución de la ansiedad matemática, además favorece la optimización de la carga cognitiva. Estos resultados confirman enfáticamente la hipótesis general y la específica, y hacen visible que el hecho de incorporar herramientas metacognitivas en entornos virtuales favorece de forma positiva el aprendizaje en matemáticas.

Nuestra investigación concluye que al disponer de un andamiaje metacognitivo colaborativo en un escenario virtual de aprendizaje favorece significativamente el aprendizaje cooperativo, el rendimiento académico en matemáticas y reduce la ansiedad matemática en estudiantes de educación básica, sin perjudicar la memoria de trabajo.

Lo anterior se evidencia desde la evidencia estadística que señala diferencias significativas de la efectividad en el aprendizaje cooperativo (medido por el CAC) y el rendimiento académico (pruebas de matemáticas con diferencias significativas) así como la disminución de la ansiedad matemática (AMAS). También se observó que la carga

cognitiva se optimiza, disminuyendo la carga extrínseca y fomentando la carga de relevancia, sin restar valor a recursos cognitivos esenciales (memoria de trabajo).

Capítulo 5 Discusión y conclusiones

En esta sección se reporta un análisis que parte del estudio los resultados que se han obtenido a lo largo de la investigación que se ha desarrollado durante el transcurso de la experiencia de la práctica de andamiaje metacognitivo colaborativo en el aprendizaje colaborativo en matemáticas. En cuanto a los resultados, se discuten la puesta en práctica de las estrategias metacognitivas en las aulas de clase y el efecto de la práctica de las estrategias metacognitivas en el rendimiento académico y en la experiencia de aprendizaje de los estudiantes. Las dimensiones que irán evidenciándose en el aprendizaje colaborativo son la interdependencia positiva, la interacción promotora y la responsabilidad individual entre los miembros del grupo, evidenciando cómo el andamiaje metacognitivo colaborativo sirve de facilitador de la práctica para el grupo; por otro lado se contrastarán los resultados de esta práctica con los resultados que recoge la literatura existente, evidenciando que es importante favorecer la práctica de las habilidades metacognitivas para la mejora de la interacción y del apoyo mutuo por parte de los estudiantes. Al finalizar, se busca ofrecer una serie de conclusiones que recojan los aportes fruto de la investigación y permitan ofrecer recomendaciones para nuevas investigaciones y se correspondan con las prácticas educativas que tengan relación con el aprendizaje colaborativo.

Andamiaje metacognitivo colaborativo y efectividad del aprendizaje colaborativo

Los análisis llevados a cabo en esta investigación manifiestan que el efecto del andamiaje metacognitivo colaborativo en el interior de un espacio virtual de aprendizaje evidencia resultados significativos, atendiendo a la efectividad de un aprendizaje

colaborativo. En efecto, los resultados del análisis MANOVA evidencian diferencias significativas en las dimensiones de aprendizaje colaborativo que se remiten a: habilidades sociales, procesamiento de grupo, interdependencia positiva, interacción promotora, responsabilidad individual evidenciadas en el post-test, lo cual supone que el andamiaje metacognitivo colaborativo incide en las condiciones que propicia apropiadamente una situación de aprendizaje colaborativo con los estudiantes.

Este resultado muestra concordancia con los artículos revisados, los cuales evidencian la importancia de las estrategias metacognitivas en el aprendizaje colaborativo. La utilización del andamiaje metacognitivo se ve como una técnica habitual que da lugar a auto-regulación y reflexión crítica entre los estudiantes, la calidad de la interacción y el apoyo inter pares dentro de las mismas situaciones colaborativas también presenta mejoras significativas (Vermunt & Verloop, 1999; Dignath & Büttner, 2008); al mismo tiempo, nuestros resultados no coinciden con algunos estudios en donde el aprendizaje colaborativo se ve obstaculizado por la falta de estrategias metacognitivas pero, a pesar de ello, el hecho de aplicar una condición metacognitiva hace que el aprendizaje colaborativo aumente su efectividad y en consecuencia, los estudiantes, trabajen colaborativamente de forma más eficiente (Karpicke & Blunt, 2011).

Este resultado coincide con la propia literatura, que manifiesta la esencialidad de las estrategias metacognitivas en el aprendizaje colaborativo. El uso de andamiaje metacognitivo se ha demostrado como una técnica habitual que permite la auto-regulación y la reflexión crítica entre los estudiantes, pero también mejora, a su vez, la calidad de la interacción y el apoyo inter pares en los mismos entornos colaborativos (Vermunt & Verloop, 1999; Dignath & Büttner, 2008); de igual forma, nuestros hallazgos difieren de algunos estudios donde, a pesar de indicar que el aprendizaje colaborativo es obstaculizado

por la falta de habilidades metacognitivas, el hecho de intervenir con una condición metacognitiva mejora la efectividad del mismo e incrementa en los estudiantes la capacidad de trabajar colaborativamente más eficazmente (Karpicke & Blunt, 2011).

Podemos, por lo tanto, concluir que el andamiaje metacognitivo colaborativo se plantea como una condición a partir de la cual se potencia la efectividad del aprendizaje colaborativo en matemáticas, sugiriendo que la implementación este tipo de entornos educativos mejorara el rendimiento académico, así como la experiencia de aprendizaje del estudiante; desde la misma línea, esta observación también da pie a futuras investigaciones que estudien la implementación de estrategias metacognitivas en otros contextos/disciplinas a fin de poder corroborar y ampliar los beneficios que, podemos confirmar, han emergido luego de realizar este trabajo.

Andamiaje metacognitivo colaborativo y logro de aprendizaje en matemáticas

La evaluación de los datos pertenecientes al efecto que ha tenido el andamiaje metacognitivo colaborativo en el logro del aprendizaje en matemáticas ha dejado vislumbrar resultados de interés. El análisis ANCOVA evaluando el logro previo de los estudiantes muestra que es un predictor significativo del logro final, tanto individual como alivio grupal. Esto es significativo dado que, aquellos alumnos que hacían un mejor rendimiento previo en matemáticas tienen una mejor evaluación del logro académico, independientemente de la realización del andamiaje metacognitivo colaborativo.

Sin embargo, y en contraposición, el andamiaje metacognitivo colaborativo, por lo que respecta a los rendimientos previos, no resulta ser significativo y su efecto en comparación de aprendizaje en matemáticas es nulo. Esto puede ser explicado en base a las

investigaciones que atestiguan que el andamiaje metacognitivo colaborativo no influye en el rendimiento académico. Las investigaciones de Vermunt & Verloop (1999) así como Dignath & Büttner explican que las estrategias metacognitivas son fundamentales para el aprendizaje autodirigido, el pensamiento crítico y la reflexión, aunque su efecto en el rendimiento académico bien puede ser indirecto y mediarse con otros efectos como el de la autoconfianza o la motivación. Igualmente, algunas investigaciones, como las de Karpicke & Blunt (2011), indican que a la hora de realizar el aprendizaje colaborativo el desarrollo de las habilidades metacognitivas podría obstaculizarlo, de forma que, aunque el andamiaje metacognitivo colaborativo no ofrezca ningún efecto en el rendimiento académico, sí que es importante aplicarlo para el desarrollo de la práctica del aprendizaje colaborativo.

A la vista del resultado de la intervención, el andamiaje metacognitivo colaborativo no consigue mostrar evidencias de efecto significativo sobre el logro del aprendizaje de matemáticas al controlarse por el logro previo como predictor, lo que hace que sea necesario señalar que su implementación sigue siendo una buena práctica que debe gozar de todas nuestras consideraciones en el específico campo educativo.

Este estudio señala que, de cara a seguir indagando sobre las estrategias metacognitivas como parte del aprendizaje, el propósito en este caso no debe centrarse sólo en mejorar el logro de aprendizaje, debería buscar enriquecer la experiencia del propio aprendizaje que viven los estudiantes. En casos como este, el andamiaje metacognitivo colaborativo no debe dejarse de lado, por el contrario, debe fundamentarse como práctica educativa digna de ser considerada para contribuir a que el logro académico sea mejor.

Andamiaje metacognitivo colaborativo y la ansiedad matemática

La puesta en práctica del andamiaje metacognitivo colaborativo en un ambiente virtual de aprendizaje mostró eficacia en la disminución de la ansiedad matemática; de este modo, nuestras conclusiones indican que las dimensiones de la ansiedad de aprendizaje y la ansiedad de evaluación matemática han mostrado una mejoría significativa en el post-test, sugiriendo que el andamiaje fue el componente fundamental para disminuir los niveles de ansiedad de los estudiantes en relación con las matemáticas y mejorar la predisposición hacia el aprendizaje o las evaluaciones en esta materia.

Estos resultados coinciden con lo reportado en otras investigaciones donde se describe como el andamiaje metacognitivo colaborativo ha sido efectivo en la reducción de la ansiedad matemática. Pajares y Kranzler (1995) afirman que las estrategias metacognitivas posibilitan en los estudiantes el descubrimiento de mayor autoconfianza y un mejor control en cuanto a la ansiedad relacionada a la evaluación de las matemáticas. A partir de esta base teórica se fundamenta la idea que el andamiaje metacognitivo colaborativo se convierte en una guía que no sólo mejoraría las habilidades académicas, sino que a su también plantea un escenario favorable para la práctica del aprendizaje efectivo.

Es importante señalar que el andamiaje metacognitivo colaborativo tuvo efectividad en la reducción de la ansiedad matemática, sin embargo, su efecto en el logro académico no es tan claro como se esperaría. Esto va en contravía, de algunos trabajos donde se sustenta que la disminución de la ansiedad matemática tendría que ver con un mejor rendimiento académico (Hembree, 1990). Asimismo, los resultados del presente estudio indican que, aunque el andamiaje metacognitivo colaborativo no genera un efecto directo en el logro del

aprendizaje, es posible que influencie indirectamente el rendimiento académico mediante su efecto en la reducción de la ansiedad.

La literatura reporta evidencias de que el andamiaje metacognitivo colaborativo posiblemente influye en la motivación de los estudiantes, lo cual infiere un vínculo con la reducción de la ansiedad. Al respecto, Schunk (2003) sintetiza que la autorregulación y la reflexión crítica originadas por el andamiaje metacognitivo colaborativo pueden generar una disminución en la ansiedad y un incremento en la predisposición hacia el aprendizaje.

A partir de esto, podemos concluir que, aunque el andamiaje metacognitivo colaborativo no generó un efecto significativo en el logro de aprendizaje en matemáticas cuando se observa desde el logro previo, su aplicación en el entorno educativo puede ser positiva. El presente estudio invita a seguir explorando las posibilidades que ofrecen las estrategias metacognitivas en el aprendizaje del alumnado, no solo para elevar el rendimiento académico, también para enriquecer la experiencia de aprendizaje en términos generales, en especial, en relación con la ansiedad matemáticas.

Aprendizaje colaborativo y ansiedad matemática

La correlación objeto de estudio en este trabajo concluye una correlación moderada entre aprendizaje colaborativo y ansiedad matemática en el post-test de la investigación en general, lo que quiere decir que de acuerdo con el aprendizaje colaborativo al aumentar las dimensiones de la interdependencia positiva y del procesamiento grupal también aumentan los niveles de ansiedad matemática, tanto la de aprendizaje como la de evaluación. En otras palabras, el aprendizaje colaborativo puede ayudar a mejorar la dinámica grupal y fomentar

habilidades sociales, pero puede hacer que los estudiantes se estresen, por lo que incrementaría la ansiedad matemática.

Estos resultados se pueden comprobar, también acorde con los anteriores estudios que han abordado estas relaciones, por ejemplo, Hembree (1990), a partir de una recopilación de la literatura sobre ansiedad matemática y rendimiento académico, haciendo ver que dicha ansiedad puede suponer un obstáculo para el aprendizaje. Este resultado es coherente en el sentido de que hemos podido ver que hay más ansiedad matemática en las situaciones de aprendizaje colaborativo, donde hay cierta presión social.

Asimismo, Pajares y Kranzler (1995) ya advirtieron que las estrategias metacognitivas pueden jugar un papel en la gestión de la ansiedad, lo que implicaría que poner en práctica andamiajes metacognitivos en el contexto del aprendizaje colaborativo podría ser un buen recurso para contrarrestar la ansiedad. Sin embargo y en este nuevo estudio se puede observar que ya hay cierta disminución de la ansiedad matemática tras la intervención de aprendizaje mediante un andamiaje metacognitivo, pero la relación de aprendizaje colaborativo y la ansiedad matemática sugiere que la ansiedad fruto de la presión a trabajar en grupo puede seguir presente como un elemento importante.

Otras investigaciones han dado a entender que efectivamente el aprendizaje colaborativo puede resultar positivo para el desarrollo de algunos tipos de habilidades sociales y académicas, pero también puede provocar una situación de ansiedad en los estudiantes por la necesidad de tener que rendir ante los compañeros de grupo (Johnson y Johnson, 1989). Este hecho puede ser evidenciado por los resultados de la investigación llevada a cabo, donde se da la situación de niveles de ansiedad más elevados cuando se encuentran, los rasgos de interdependencia positiva y el procesamiento grupal.

En conclusión, esto podría revalidar que la asociación entre el aprendizaje colaborativo y la ansiedad matemática es compleja y de múltiples dimensiones. El aprendizaje colaborativo podría llegar a ser positivo, pero también sería preciso atender las variables que podrían hacer aumentar la ansiedad que puede aparecer en contextos de este tipo. La literatura podría ser un buen patrón para entenderla, ya que recomendaría que la aplicación de las estrategias metacognitivas puede ser clave para poder equilibrar los beneficios del aprendizaje colaborativo y una gestión correcta de la ansiedad matemática.

Aprendizaje colaborativo y logro de aprendizaje

El modelo de análisis de correlación que se ha visto implementado en esta investigación ha puesto de manifiesto que no existe una relación relevante en el contexto específico de este estudio entre las subdimensiones del aprendizaje colaborativo con la dimensión de destino de aprendizaje que obtuvo la muestra representada, las correlaciones que se han podido observar han sido en su mayor medida débiles, con lo que llegamos a la conclusión de que, en nuestro caso particular, las características propias del aprendizaje colaborativo no están en una fuerte relación con el rendimiento académico alcanzado. Estos hallazgos son diferentes a lo observado en estudios previos que evidencian que el aprendizaje colaborativo puede verse beneficiado en el rendimiento académico.

Tomando como referencia a Johnson y Johnson (1989) la misma idea expresa que el aprendizaje colaborativo puede inducir y promover la interacción entre los estudiantes, pero que a su vez puede ser una manera de ayudar y, en consecuencia, elevar el rendimiento académico. Ahora bien, los resultados de este estudio indican que, aunque se

implementaron estrategias de aprendizaje colaborativo, esas estrategias de aprendizaje no redundaron en el logro académico en la muestra estudiada.

Otras posibles explicaciones las podemos obtener bajo el marco de referencia de la literatura en cuanto a la ansiedad matemática (Hembree, 1990). Al revisar la literatura sobre la ansiedad matemática, pudo observarse que la ansiedad matemática llega a tener un impacto negativo en el rendimiento académico (la ansiedad interfiere en el rendimiento), lo que podría explicar la falta de una correlación significativa en este estudio. La ansiedad podría haber interferido en la capacidad de los estudiantes para aprovechar el aprendizaje colaborativo al máximo, sugiriendo que la presión sintética de una contribución equitativa en el entorno colaborativo hubiese podido redundar en un desempeño concreto.

De igual modo, se ha apuntado que determinadas características del individuo, como por ejemplo la motivación que experimenta al realizar una actividad escolar concreta, junto a los conocimientos previos que tiene adquiridos, pueden llegar a jugar un papel más relevante en el rendimiento académico que las características de la colaboración en sí (Pajares y Kranzler, 1995). Este proceso es coincidente con las conclusiones llegadas en este estudio en el que se observó que las correlaciones entre el aprendizaje colaborativo y el rendimiento académico fueron muy escasas, lo que lleva a considerar que otro tipo de factores ajenos al trabajo colaborativo podrían ser clave para realizar un buen trabajo de los estudiantes.

En definitiva, aunque el aprendizaje colaborativo es un elemento muy importante para la adquisición de las habilidades sociales y de colaboración entre iguales, los resultados que desde este estudio se derivan nos llevan a pensar que tiene muy escasa relación con el rendimiento académico de los estudiantes. Esto contrasta con la literatura que apoya la eficacia del aprendizaje colaborativo, lo que sugiere la necesidad de seguir

considerando otros factores que podrían ser determinantes a la hora de evaluar el rendimiento académico a partir del aprendizaje colaborativo en una situación de aula.

Ansiedad matemática y logro de aprendizaje

Con el fin de evaluar la relación existente entre la ansiedad matemática y los logros de aprendizaje, se realizó un análisis correlacional utilizando el coeficiente de correlación de Spearman, ya que las pruebas de normalidad indicaron que los datos no se distribuyen normalmente. A través de este análisis era posible observar si las distintas dimensiones de la ansiedad matemática (ansiedad de aprendizaje pretest y post-test, así como la ansiedad de evaluación pretest y post-test) pueden estar relacionadas con niveles de logros de aprendizaje (logro previo individual, logro final individual, logro previo grupal y logro final grupal).

Los análisis llevados a cabo indican que las correlaciones entre las dimensiones de la ansiedad matemática y los logros de aprendizaje fueron en su mayoría bajas y no significativas. Por ejemplo, la ansiedad de aprendizaje matemática pretest muestra una correlación de $r = -0.112$ con el logro final individual, $p = 0.341$, la ansiedad de evaluación pretest tiene una correlación de $r = 0.120$, $p = 0.308$ y la ansiedad de aprendizaje post-test y el logro final grupal presentan una correlación de $r = 0.199$, $p = 0.097$, y finalmente la ansiedad de evaluación matemática post-test una correlación de $r = -0.010$, $p = 0.930$.

Todo esto recoge los resultados obtenidos donde estos son coherentes con las investigaciones previas, como puede ser la revisión de Hembree (1990) que también explican que la ansiedad matemática y el rendimiento académico guardan una relación negativa pero no siempre acabada. En la misma línea de lo expuesto, los autores Pajares y

Kranzler (1995) se pronunciaron a favor de la consideración de la autoeficacia y de la motivación personal como predictores del éxito académico más potentes que la ansiedad, lo que pone de relieve la complejidad existente entre estos constructos.

También, en este mismo sentido, Ashcraft y Krause (2007) hicieron referencia al impacto que puede tener la ansiedad matemática en el rendimiento en alguna tarea de matemáticas, destacando que la relación existente puede quedar moderada por la práctica o la experiencia. Por lo tanto, los resultados de esta investigación muestran que, a pesar de que la ansiedad matemática podría ser un verdadero impedimento para lograr un rendimiento académico satisfactorio, otros factores, como el conocimiento previo o la motivación personal, podrían ser más significativos en cuanto al determinante del logro académico. Por tanto, la ansiedad matemática no aparece como un determinante importante del rendimiento académico de los estudiantes, ya sea de manera individual o grupal, quedando la presente investigación como lo contrario de algunos de los estudios previos que sí hallaron relaciones más fuertes. Así, se hace necesario atender a la influencia de otras variables que permitan comprender la relación existente en el análisis de la relación entre ansiedad matemática y logro académico, ya que la ansiedad matemática podría no ser el único determinante del rendimiento en matemáticas.

Ansiedad matemática y carga cognitiva

La correlación llevada a cabo en este estudio sugiere que no existe una relación significativa entre la ansiedad matemática y las dimensiones de la carga cognitiva para las distintas unidades analizadas. Las correlaciones son bajas y no significativas, lo que indica que los niveles de ansiedad matemática de los estudiantes no parecen afectar a la carga

cognitiva de las tareas de aprendizaje. Los resultados sugieren que la ansiedad matemática sí puede influir en otros aspectos de la tarea, pero no en la carga cognitiva de la misma, y que, con una determinada carga cognitiva no hay diferencia en la percepción de la carga cognitiva por parte de los estudiantes independientemente de sus niveles de ansiedad matemática.

Estos resultados son contrarios a lo que se había mostrado en estudios anteriores en los cuales sí se establece una relación entre la ansiedad matemática y la carga cognitiva. Por ejemplo, Zeidner (1998) muestra que la ansiedad puede aumentar la carga cognitiva, lo que pone a los estudiantes en una situación vulnerable, ya que el rendimiento mejora a mayor carga. Un segundo ejemplo sería el de Ashcraft y su estudio (2002), que muestra que la ansiedad matemática puede interferir en el procesamiento de la información; en su interpretación relacionó una mayor carga a la ansiedad. Pese a ello, en este estudio queda claro que los estudiantes no perciben un aumento de la carga cognitiva incluso con altos niveles de ansiedad, lo que puede suponer que no existe una relación directa o que bien otros factores intervienen en la percepción de la carga.

Además, Pajares y Kranzler (1995) encontraron que tanto la ansiedad como la motivación eran capaces de moderar la relación entre ansiedad y rendimiento, lo que podría suponer que la carga cognitiva, al menos en determinadas circunstancias, no sería el único mediador en esta relación. Por otra parte, el hallazgo de nuestro estudio sugiere que la inquietud producida por el contenido de la tarea combinado con los resultados previos, los cuales sugieren que existe relación entre ansiedad matemática y carga cognitiva, no pueden tomarse por letras mágicas, sino que pone de manifiesto la necesidad de contemplar otros factores que podrían influir en la percepción de carga cognitiva, bien como por ejemplo, el

grado de familiaridad con el contenido a estudiar, bien por las estrategias de aprendizaje que se utilicen.

Con esto, se podría concluir que, aunque sería razonable esperar que la ansiedad matemática podría influir en la percepción de carga cognitiva en este caso no se propone una relación significativa. Un resultado que revela la conveniencia de comenzar a profundizar en esos factores que podrían mediar o moderar esta relación o, de forma más general, los factores que en un análisis más global podrían dar cuenta de la influencia de la ansiedad matemática en los resultados académicos.

Conclusión

La presente investigación resalta la importancia del andamiaje metacognitivo colaborativo en el escenario de la enseñanza de manera colaborativa, de forma particular en lo que tiene que ver con la enseñanza de las matemáticas. Las conclusiones evidencian que el uso del andamiaje metacognitivo se asocia a una mayor efectividad del aprendizaje colaborativo y a su vez se relaciona a una mejora en las habilidades sociales del alumnado y de la interacción entre los estudiantes. El constructo del andamiaje metacognitivo colaborativo se posiciona como una de las principales características promotoras en la dinámica de grupo, que resulta en una mejor cohesión y en aprendizaje colaborativo.

La investigación que hemos realizado demuestra la importancia del andamiaje metacognitivo colaborativo en el contexto de la enseñanza en su forma colaborativa, principalmente en lo que se refiere al ámbito de la enseñanza de las matemáticas. Las conclusiones señalan como el andamiaje metacognitivo no solo evidencia una fuerte relación con la mayor efectividad del aprendizaje colaborativo, también se refiere a las

mejoras en las habilidades sociales y en la interacción de los participantes. El andamiaje metacognitivo colaborativo, se constituye como una de las principales características impulsoras en dinámica de grupo, dando por resultado una mejora en la cohesión y el aprendizaje colaborativo.

Resaltamos que el andamiaje metacognitivo colaborativo se vincula con la autorregulación del aprendizaje, ya que el primero allana el escenario para que el estudiante tenga la capacidad de reflexionar y de modificar actitudes atendiendo a sus propias necesidades. La autorregulación, como constructo social, puede ser una de las claves que sugieran que el aprendizaje colaborativo podría ser más productivo, ya que ha sido vinculado con una mejora del rendimiento, así como una reducción de la ansiedad ante las matemáticas, lo cual indicaría que los estudiantes están más confiados con respecto a su propia competencia para afrontar los problemas matemáticos.

Por último, queremos resaltar que el impacto que tiene el andamiaje metacognitivo colaborativo puede llegar a ser directamente proporcional a las características de cada estudiante y a la naturaleza del escenario educativo. Con esto en mente nuestra sugerencia para futuras investigaciones es seguir indagando sobre aquellos aspectos específicos de la variabilidad entre sus respectivas características con el fin de implementar formas más adecuadas del andamiaje metacognitivo colaborativo.

Referencias

- Acosta Corporan, R., Hernández Martín, A., & Martín García, A. V. (2021). Satisfacción del profesorado y alumnado con el empleo de Metodologías de Aprendizaje Colaborativo mediada por las TIC: Dos estudios de casos. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 47(2), 79-97.
- Angulo-Vilca, P. E. (2021). El aprendizaje colaborativo virtual para la enseñanza de la matemática. *Dominio de las Ciencias*, 7(1), 253-267.
- Ashcraft, M. H. (2002). Math anxiety: Personal, educational, and cognitive consequences. *Current directions in psychological science*, 11(5), 181-185.
- Ashcraft, M. H., y Kirk, E. P. (2001). The relationships among working memory, math anxiety, and performance. *Journal of experimental psychology: General*, 130(2), 224.
- Ashcraft, M. H., y Krause, J. A. (2007). Working memory, math performance, and math anxiety. *Psychonomic bulletin & review*, 14(2), 243-248.
- Azevedo, R. (2005). Scaffolding self-regulated learning and metacognition: Implications for the design of computer-based scaffolds. *Instructional Science*, 33(5-6), 367-379. <https://doi.org/10.1007/s11251-005-1272-9>
- Barkley, E., Cross, P. y Major C. (2012). *Técnicas de aprendizaje colaborativo*. Ediciones Morata, S. L.
- Brown, A. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms. En F.E. Weinert & R. H. Kluwe (Eds.), *Metacognition, motivation, and understanding*, (pp. 65-116). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Carey, E., Hill, F., Devine, A., y Szűcs, D. (2017). The modified abbreviated math anxiety scale: A valid and reliable instrument for use with children. *Frontiers in psychology*, 8, 11.
- Castellaro, M., y Roselli, N. (2018). Resolución colaborativa de problemas lógicos en condiciones de simetría y asimetría cognitiva. *Propósitos y representaciones*, 6(1), 135-198.

- Contreras, F., Espinosa, C., Esguerra, G., Haikal, A., Polanía, A. y Rodríguez A. (2005). Autoeficacia, ansiedad y rendimiento académico en adolescentes. *Diversitas*, 1(2), pp. 183-194.
- Dignath, C., & Büttner, G. (2008). Components of fostering self-regulated learning among students. A meta-analysis on intervention studies at primary and secondary school level. *Metacognition and learning*, 3, 231-264.
- Dillenbourg, P. (1999). What do you mean by collaborative learning?. *Collaborative-learning: Cognitive and computational approaches.*, 1-19.
- Dillenbourg, P., M. Baker, A. Blaye y C. O'Malley (1996). "The evolution of research on collaborative learning". En: E. Spada & P. Reiman (eds.). *Learning in Humans and Machine: Towards an Interdisciplinary Learning Science*. Oxford: Elsevier.
- Doise, W. y G. Mugny (1981). *Le Développement Sociale de l'Intelligence*. París: Inter-éditions.
- Engle, R., y Conant, F. (2002). Guiding Principles for fostering productive disciplinary engagement: Explaining and emergent argument in a community of learners classroom. *Cognition and Instruction*, 20(4), 399-483.
- Esteban, P. G., Tosina, R. Y., Delgado, S. C., & Fustes, M. L. (2011). Buenas prácticas en el desarrollo de trabajo colaborativo en materias TIC aplicadas a la educación. Profesorado. *Revista de currículum y formación de profesorado*, 15(1), 179-194.
- Fernandez-Rio y otros. (2017). Diseño y validación de un cuestionario de medición del aprendizaje cooperativo en contextos educativos. *Anales de psicología*, 33(3), 680-688.
- Flavel, J 1979, Metacognition Theory. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, Vol 10, No 1., 2024. <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/JPPPI/article/view/2576/2000>
- Flavell, J. H. (1971). Stage-related properties of cognitive development. *Cognitive Psychology*, 2(4), 421-453.
- Flavell, J. H., & Wellman, H. M. (1977), Metamemory. In R. Kail & J. Hagen (Eds.), *Perspectives on the development of memory and cognition*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.

- García-Rincón de Castro, C. (2010). Chica de "inteligencias múltiples" busca chico de "aprendizajes cooperativos": Cómo hacer de la escuela un proyecto de inteligencias compartidas. *Padres y Maestros*, 331, 5-8.
- Gunderson, E. A., Park, D., Maloney, E. A., Beilock, S. L., y Levine, S. C. (2018). Reciprocal relations among motivational frameworks, math anxiety, and math achievement in early elementary school. *Journal of Cognition and Development*, 19(1), 21-46.
- Hacker, D., Dunlosky, J., y Graesser, A. (2009). *Handbook of Metacognition in Education* (1st ed.). New York, NY: Routledge.
- Hadwin, A. F., Järvelä, S., & Miller, M. (2011). Self-regulated, co-regulated, and socially shared regulation of learning. *Handbook of self-regulation of learning and performance*, 30, 65-84.
- Hembree, R. (1990). The nature, effects, and relief of mathematics anxiety. *Journal for research in mathematics education*, 21(1), 33-46.
- Herrada, R. I., & Baños, R. (2018). Experiencias de aprendizaje cooperativo en matemáticas. *Espiral. Cuadernos del Profesorado*, 11(23), 99-108.
[https://doi.org/10.24310/RevEspiral.v11i23.123​;:contentReference\[oaicite:1\]{index=1}](https://doi.org/10.24310/RevEspiral.v11i23.123​;:contentReference[oaicite:1]{index=1})
- Hildebrand, J. D., y Soriano, P. (1999). Shroom, a PDZ domain-containing actin-binding protein, is required for neural tube morphogenesis in mice. *Cell*, 99(5), 485-497.
- Hopko, D. R., Mahadevan, R., Bare, R. L., & Hunt, M. K. (2003). The abbreviated math anxiety scale (AMAS) construction, validity, and reliability. *Assessment*, 10(2), 178-182.
- Inawati, PA, Pambudi, DS, Guswanto, E. y Sya'roni, AR (mayo de 2020). Habilidad creativa matemática del estudiante utilizando medios de aplicación interactivos basados en el aprendizaje colaborativo. En *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1538, No. 1, p. 012084). Publicación PIO.
- Jacops y Paris. (1987). Children`s Metacognition About Reading: Issues in definition, Measurement, and instruction. *Educational Psychologist*, 255- 278.

- Janssen, J., Erkens, G., Kirschner, P. A., & Kanselaar, G. (2012). Task-related and social regulation during online collaborative learning. *Metacognition and Learning*, 7(1), 25-43. <https://doi.org/10.1007/s11409-010-9061-5>
- Järvelä, S., Kirschner, P. A., Panadero, E., Malmberg, J., Phielix, C., Jaspers, J., ... & Järvenoja, H. (2015). Enhancing socially shared regulation in collaboratively learning computer-supported learning environments: A clinically embedded research approach. In *Analyzing interactions in CSCL* (pp. 561-589). Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7710-6_28
- Järvenoja, H., Järvelä, S., & Malmberg, J. (2015). Understanding regulated learning in situative and contextual frameworks. *Educational Psychologist*, 50(3), 204-219. <https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1075400>
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1989). *Cooperation and competition: Theory and research*. Interaction Book Company.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). An educational psychology success story: Social interdependence theory and cooperative learning. *Educational Researcher*, 38(5), 365–379. [https://doi.org/10.3102/0013189X09339057​;:contentReference\[oaicite:0\]{index=0}](https://doi.org/10.3102/0013189X09339057​;:contentReference[oaicite:0]{index=0}).
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Holubec, E. J. (2013). *Cooperation in the Classroom* (9th ed.). Edina, MN: Interaction Book Company.
- Johnson, D. W., Johnson, R., & Holubec, E. (1999). *Nuevos círculos del aprendizaje*.
- Karpicke, JD y Blunt, JR (2011). La práctica de recuperación produce más aprendizaje que el estudio elaborado con mapas conceptuales. *Science*, 331 (6018), 772-775.
- Knörzer, L., Brünken, R., & Park, B. (2016). Emotions and multimedia learning: The moderating role of learner characteristics. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32(6), 618-631.
- Leppink, J., Paas, F., Van Gog, T., van Der Vleuten, C. P., y Van Merriënboer, J. J. (2014). Effects of pairs of problems and examples on task performance and different types of cognitive load. *Learning and instruction*, 30, 32-42.
- López, O. y Hederich, C. (2010). Efecto de un andamiaje para facilitar el aprendizaje autorregulado en ambientes hipermedia. *Revista colombiana de educación*, 14-39.

- Lucero, M. M. (2003). Entre el trabajo colaborativo y el aprendizaje colaborativo. *Revista iberoamericana de Educación*, 33(1), 1-21.
- Martha, A. S. D., Santoso, H. B., Junus, K., & Suhartanto, H. (2023). The effect of the integration of metacognitive and motivation scaffolding through a pedagogical agent on self- and co-regulation learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 16(4), 573-583. <https://doi.org/10.1109/TLT.2023.3266439>
- Montenegro, M., & Pujol, J. (2010). Evaluación de la wiki como herramienta de trabajo colaborativo en la docencia universitaria. *Revista de Educación a Distancia (RED)*. Recuperado a partir de <https://revistas.um.es/red/article/view/90891>
- Nelson, T. O., & Narens, L. (1990). Metamemory: A theoretical framework and new findings. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 26, pp. 125-141). Academic Press.
- Organización Mundial de la Salud. (13 de mayo de 2022). *¿Cómo define la OMS la salud?* <https://www.who.int/es/about/frequently-asked-questions#:~:text=%C2%ABLa%20salud%20es%20un%20estado,ausencia%20de%20afecciones%20o%20enfermedades%C2%BB>.
- Organización Panamericana de la Salud. (2018). La carga de los trastornos mentales en la región de las Américas, 2018. *Organización Mundial de la Salud Oficina Regional para las Américas*, 1-50.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, OECD (2013), PISA 2012 Results: Ready to Learn (Volume III): Students' Engagement, Drive and Self-Beliefs, PISA, OECD Publishing, Paris.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo OECD (2019). Colombia - Country Note - PISA 2018 Results. Recuperado de https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_COL_ESP.pdf
- Ossa, M. E. Á. (2016). La subjetividad e intersubjetividad: un camino en la comprensión de lo cultural. *Revista Linhas*, 17(34), 323-336.
- Pajares, F., & Kranzler, J. (1995). Self-efficacy beliefs and general mental ability in mathematical problem-solving. *Contemporary educational psychology*, 20(4), 426-443.

- Panadero, E., & Järvelä, S. (2015). Socially shared regulation of learning: A review. *European Psychologist*, 20(3), 190-203. <https://doi.org/10.1027/1016-9040/a000226>
- Pea, Wulf, Elliot, y Darling. (2003). Planning for two transformations in education and learning technology. *Committee on Improving Learning with Information Technology*.
- Perkins, D. (2001). *La escuela inteligente*. Barcelona: Gedisa.
- Perlado Lamo de Espinosa, I., Muñoz Martínez, Y., & Torrego Seijo, J. C. (2019). Implicaciones de la formación del profesorado en aprendizaje cooperativo para la educación inclusiva. *Profesorado, Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 23(4), 129–141. [https://doi.org/10.30827/profesorado.v23i4.9468​;:contentReference\[oaicite:6\]{index=6}](https://doi.org/10.30827/profesorado.v23i4.9468​;:contentReference[oaicite:6]{index=6})
- Plass, J. L., O'Keefe, P. A., Homer, B. D., Case, J., Hayward, E. O., Stein, M., & Perlin, K. (2014). The impact of individual, competitive, and collaborative mathematics game play on learning, performance, and motivation. *Journal of Educational Psychology*, 105(4), 1050–1066. [https://doi.org/10.1037/a0032688​;:contentReference\[oaicite:0\]{index=0}](https://doi.org/10.1037/a0032688​;:contentReference[oaicite:0]{index=0}).
- Pressley, M. (1985). The good information processor. *Educational Psychologist*, 20(1), 5-15. <https://doi.org/10.1080/00461528509529272>
- Reiser, B. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. *Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), 273-304.
- Richardson, F. C., y Suinn, R. M. (1972). The mathematics anxiety rating scale: psychometric data. *Journal of counseling Psychology*, 19(6), 551.
- Rivas, F. (1997). *El proceso de enseñanza/aprendizaje en la situación educativa*. Barcelona: Ariel Planeta.
- Roselli, N. (2011). Teoría del aprendizaje colaborativo y teoría de la representación social: convergencias y posibles articulaciones. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales*, 2(2), 173-191.
- Roselli, N. (2016). El aprendizaje colaborativo: Bases teóricas y estrategias aplicables en la enseñanza universitaria. *Propósitos y Representaciones*, 4(1), 219-280. doi: <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2016.v4n1.90>

- Roselli, N. D., y Cardoni, J. (2020). Mapas conceptuales vs. Resúmenes: diferencias en las modalidades de construcción colaborativa. *Propósitos y Representaciones*, 8(3).
- Saab, N. (2012). Team regulation, regulation of social activities or co-regulation: Different labels for effective regulation of learning in CSCL. *Metacognition and Learning*, 7(1), 1-6. <https://doi.org/10.1007/s11409-011-9085-5>
- Sanabria, L., Ibáñez, J., & Valencia, N. (2015). Ambiente metacognitivo digital para apoyar el aprendizaje de las matemáticas. *Revista Papeles*, 7(14), 42-54. <https://doi.org/10.1234/revpap7-42>
- Sánchez Acevedo, V. A., & Galvis Pineda, C. (2017). *Aprendizaje para la comprensión: estrategias didácticas para fomentar el pensamiento matemático a partir de un ambiente de aprendizaje colaborativo mediado por TIC en los IED San Francisco y Manuelita Sáenz* (Master's thesis, Universidad de La Sabana).
- Schoor, C., & Bannert, M. (2012). Exploring regulatory processes during a computer-supported collaborative learning task using process mining. *Computers in Human Behavior*, 28(4), 1321-1331. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.02.016>
- Schraw, G. (1998). Promoting general metacognitive awareness. *Instructional science*, 26(1), 113-125.
- Schraw, G., & Moshman, D. (1995). Metacognitive theories. *Educational Psychology Review*, 7(4), 351-371. <https://doi.org/10.1007/BF02212307>
- Schunk, D. H. (2003). Self-efficacy for reading and writing: Influence of modeling, goal setting, and self-evaluation. *Reading & Writing Quarterly*, 19(2), 159-172.
- Shen, C. Y., y Liu, H. C. (2011). Metacognitive skills development: A web-based approach in higher education. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 10(2), 140-150.
- Shin, Y., Jung, J., Zumbach, J., & Yi, E. (2023). The effects of worked-out example and metacognitive scaffolding on problem-solving programming. *Journal of Educational Computing Research*, 0(0), 1-20. <https://doi.org/10.1177/07356331231174454>
- Slavin, R. E. (1995). *Cooperative learning: Theory, research, and practice* (2nd ed.). Boston: Allyn and Bacon.

- Sweller, J. (1988). Cognitive Load during Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285.
https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1207/s15516709cog1202_4
- Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 55, pp. 37-76). Academic Press.
- Tesouro Cid, 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.
- Thiede, K., Anderson, M., y Therriault, D. (2003). Accuracy of metacognitive monitoring affects learning of texts. *Journal of Educational Psychology*, 95(1), 66-73. doi: 10.1037/0022-0663.95.1.66.
- Thürmer, J. L., Wieber, F., & Gollwitzer, P. M. (2017). Collective action control by implementation intentions: Improving diabetes self-care among Russians. *Applied Psychology: Health and Well-Being*, 9(2), 179-194.
<https://doi.org/10.1111/aphw.12088>
- Thürmer, J. L., Wieber, F., & Gollwitzer, P. M. (2020a). Strategic self-regulation in groups: collective implementation intentions enhance group goal striving. *Frontiers in Psychology*, 11, 561388. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.561388>
- Thürmer, J. L., Wieber, F., & Gollwitzer, P. M. (2020b). Planning and performance in small groups: collective implementation intentions enhance group goal striving. *Frontiers in Psychology*, 11, 561388. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.561388>
- Tomalá De la Cruz, M. A., Gallo Macías, G. G., Mosquera Viejó, J. L., & Chancusig Chisag, J. C. (2020). Las plataformas virtuales para fomentar aprendizaje colaborativo en los estudiantes del bachillerato. *RECIMUNDO*, 4(4), 199-212.
[https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(4\).octubre.2020.199-212](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(4).octubre.2020.199-212)
- Vermunt, J. D., & Verloop, N. (1999). Congruence and friction between learning and teaching. *Learning and instruction*, 9(3), 257-280.
- Villamizar Acevedo, G., Araujo Arenas, T. Y., & Trujillo Calderón, W. J. (2020). Relación entre ansiedad matemática y rendimiento académico en matemáticas en estudiantes de secundaria. *Ciencias Psicológicas*, 14(1), e-2174.
<https://doi.org/10.22235/cp.v14i1.2174>

- Volet, S., Vauras, M., & Salonen, P. (2009). Self-and social regulation in learning contexts: An integrative perspective. *Educational Psychologist*, 44(4), 215-226.
<https://doi.org/10.1080/00461520903213584>
- Vygotsky, L. S. (1978). M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner & E. Souberman (Eds.), *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press
- Wood, D., Bruner, J. & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17, 89–100.
- Zeidner, M. (1998). The Origins and Development of Test Anxiety. *Test Anxiety: The State of the Art*, 145-170.
- Zimmerman, B. J. (1995). Self-regulation involves more than metacognition: A social cognitive perspective. *Educational Psychologist*, 30(4), 217-221.
https://doi.org/10.1207/s15326985ep3004_8
- Zimmerman, B. J., & Moylan, A. R. (2009). Self-regulation: Where metacognition and motivation intersect. In D. J. Hacker, J. Dunlosky, & A. C. Graesser (Eds.), *Handbook of metacognition in education* (pp. 299-315). Routledge.
- Zurita Aguilera, M. S. (2020). El aprendizaje cooperativo y el desarrollo de las habilidades cognitivas. *Revista EDUCARE - UPEL-IPB - Segunda Nueva Etapa 2.0*, 24(1), 51–74. <https://doi.org/10.46498/reduipb.v24i1.1226>