

***Diseño, implantación y análisis de una propuesta
metodológica para fortalecer los presaberes
matemáticos en educación superior mediante el uso de
plataformas online de enseñanza***

PROGRAMA DE DOCTORADO EN MATEMÁTICAS Y ESTADÍSTICA

Karol Lisette Rueda-Gómez

2024

UNIVERSIDAD DE OVIEDO



Universidad de Oviedo



RESUMEN DEL CONTENIDO DE TESIS DOCTORAL

1.- Título de la Tesis	
Español: Diseño, implantación y análisis de una propuesta metodológica para fortalecer los presaberes matemáticos en educación superior mediante el uso de plataformas online de enseñanza	Inglés: Design, implementation and analysis of a methodological proposal to strengthen mathematical pre-knowledge in higher education through the use of online teaching platforms
2.- Autor	
Nombre: Karol Lisette Rueda Gomez	
Programa de Doctorado: Matemáticas y Estadística	
Órgano responsable: CIP	

RESUMEN (en español)

En el contexto de la educación superior colombiana, el déficit en los presaberes matemáticos ha generado altas tasas de deserción estudiantil, abandono, repetición y bajo rendimiento académico. Las Instituciones de Educación Superior (IES) han implementado diversas estrategias para enfrentar esta problemática. Un caso destacado es el de las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS), que adoptaron el entrenamiento en línea PREIN utilizando la herramienta tecnológica Khan Academy. Desde el segundo semestre de 2018, la formación PREIN ha brindado orientación educativa a estudiantes y profesores de las Facultades de Ciencias Socioeconómicas Empresariales (FCSE) y de Ciencias Naturales e Ingenierías (FCNI), abarcando a más de 1 800 estudiantes por semestre y beneficiando a más de 20 000 estudiantes y 200 profesores al undécimo semestre de implementación.

El objetivo principal de esta investigación fue diseñar, implementar y analizar una metodología que contribuyera al fortalecimiento de la fundamentación conceptual matemática de los estudiantes que ingresan a la educación superior mediante el uso de la plataforma Khan Academy. Se revisaron experiencias internacionales sobre la integración de Khan Academy en diversos entornos educativos, evaluando su impacto y resultados en los niveles de educación primaria, secundaria y superior. Además, se realizó un análisis detallado de la implementación de Khan Academy en las UTS, evaluando su adaptación y eficacia en este contexto particular.

La fundamentación teórica abordó conceptos clave como los presaberes matemáticos, el autoconcepto matemático y las actitudes hacia las matemáticas. Se analizó la integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el contexto educativo, con un enfoque en Khan Academy. Respecto a la metodología, la investigación adoptó un enfoque mixto, integrando métodos cuantitativos y cualitativos. Los análisis cuantitativos se realizaron utilizando RStudio versión 4.2.3, incluyendo análisis descriptivos, pruebas de fiabilidad, análisis factorial exploratorio, análisis factorial confirmatorio, estudios correlacionales y diseños cuasiexperimentales. Los análisis cualitativos se fundamentaron en grupos focales y la teoría



fundamentada, empleando el software MAXQDA en su versión 2022. Además, se llevó a cabo un estudio cualitativo sobre los presaberes matemáticos de los estudiantes, utilizando un análisis inductivo basado en Li (2016).

Los resultados demostraron que el uso de Khan Academy tuvo un impacto positivo en las tasas de aprobación y en la reducción de índices de deserción, pérdida y abandono. Estas tasas estuvieron influenciadas por la participación de los estudiantes de nuevo ingreso en el entrenamiento en línea PREIN. Además, se observó que el rendimiento académico de los estudiantes estaba vinculado a su autoconcepto matemático, progreso en el entrenamiento PREIN y factores socioeconómicos como el acceso a becas, nivel educativo de los padres y acceso a dispositivos tecnológicos en casa, resaltando una brecha tecnológica en el rendimiento académico.

Adicionalmente, un enfoque cualitativo exploró los factores determinantes del éxito en la implementación de plataformas en línea de apoyo al aprendizaje desde la perspectiva de docentes universitarios, utilizando grupos focales. Se identificaron 17 factores clave que influyeron en la efectividad de la implementación de la plataforma, así como componentes de apoyo y barrera que contribuyeron al desarrollo del modelo de implementación. Estos aportes permitieron desarrollar un modelo explicativo clave para futuras intervenciones educativas en matemáticas. Los datos también revelaron que Khan Academy facilitó a los estudiantes explorar diferentes estrategias de abordar los objetos matemáticos, enriqueciendo la práctica docente y promoviendo un desafío mutuo entre docentes y estudiantes. Esto impulsó la necesidad de una actualización continua en la formación docente.

El análisis factorial exploratorio de la muestra identificó tres factores relacionados con el autoconcepto y las actitudes hacia las matemáticas: autopercepción matemática negativa, positiva y repulsiva. El estudio cuasiexperimental comparó la eficacia de tareas guiadas versus metas de dominio en Khan Academy, sin encontrar diferencias significativas en el rendimiento académico, pero mostrando una similitud sorprendente en las evaluaciones, sugiriendo que la plataforma ofreció un contenido riguroso y un marco de referencia efectivo.

La experiencia en las UTS evidenció que la implementación del curso de entrenamiento en línea PREIN sirvió como mediador entre las falencias matemáticas y el aprendizaje autónomo en estudiantes de las Facultades de Ciencias Naturales e Ingenierías (FCNI) y Ciencias Socioeconómicas y Empresariales (FCSE). Durante diez semestres consecutivos, los estudiantes que participaron en el entrenamiento en línea PREIN mostraron mayores tasas de aprobación, menores tasas de pérdida y cancelación, y un rendimiento académico promedio superior en comparación con aquellos que no realizaron el programa. Esto reflejó la efectividad del programa en fortalecer la preparación académica y la retención estudiantil en las UTS, siendo un indicador importante para los procesos de acreditación y registros de alta calidad del Ministerio de Educación Nacional. Los resultados se obtuvieron en estudiantes de diversos estratos sociales, particularmente de los más bajos, demostrando que el entrenamiento en



Universidad de Oviedo

línea PREIN contribuyó a la disminución de brechas de desigualdad cognitiva y al desarrollo profesional de los futuros graduados, independientemente de su nivel socioeconómico.

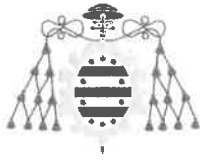
La estrategia PREIN representó un enfoque innovador para abordar los desafíos de los presaberes matemáticos en la educación superior en Colombia, promoviendo el éxito académico de los estudiantes. Estos hallazgos tienen importantes implicaciones para mejorar las prácticas educativas y cerrar las brechas en el rendimiento estudiantil en matemáticas. Se propuso explorar cómo el aumento del autoconcepto matemático podría ser facilitado mediante el aprendizaje autónomo y su integración con Khan Academy. Esto incluye examinar el papel y las actitudes de los docentes hacia esta herramienta online como soporte para sus estudiantes. También es crucial investigar cómo las creencias y prácticas de los maestros afectan el aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas a través de plataformas digitales, considerando aspectos socioemocionales y culturales específicos. Además, se recomendó estudiar cómo Khan Academy opera en diversas disciplinas y niveles educativos para maximizar su efectividad y alcance. Esto podría involucrar el desarrollo de modelos predictivos avanzados para prever el abandono académico y el bajo rendimiento, utilizando datos de actividad en la plataforma y otros factores relevantes.

RESUMEN (en Inglés)

In the context of Colombian higher education, the deficit in mathematical pre-knowledge has led to high dropout rates, abandonment, repetition, and low academic performance. Higher Education Institutions (HEIs) have implemented various strategies to address this issue. A notable case is that of the Unidades Tecnológicas de Santander (UTS), which adopted the PREIN online training using the technological tool Khan Academy. Since the second semester of 2018, the PREIN training has provided educational guidance to students and teachers of the Faculties of Socioeconomic and Business Sciences (FCSE) and Natural Sciences and Engineering (FCNI), encompassing over 1 800 students per semester and benefiting more than 20 000 students and 200 teachers by the eleventh semester of implementation.

The primary objective of this research was to design, implement, and analyze a methodology that contributed to strengthening the mathematical conceptual foundation of students entering higher education through the use of the Khan Academy platform. International experiences on the integration of Khan Academy in various educational settings were reviewed, evaluating its impact and results in primary, secondary, and higher education levels. Additionally, a detailed analysis of the implementation of Khan Academy at UTS was conducted, assessing its adaptation and effectiveness in this specific context.

The theoretical foundation addressed key concepts such as mathematical pre-knowledge, mathematical self-concept, and attitudes towards mathematics. The integration of Information and Communication Technologies (ICT) in the educational context was analyzed, with a focus on Khan Academy. Regarding methodology, the research adopted a mixed-



methods approach, integrating quantitative and qualitative methods. Quantitative analyses were conducted using RStudio version 4.2.3, including descriptive analyses, reliability tests, exploratory factor analysis, confirmatory factor analysis, correlational studies, and quasi-experimental designs. Qualitative analyses were based on focus groups and grounded theory, using MAXQDA software version 2022. Additionally, a qualitative study on students' mathematical pre-knowledge was conducted, employing an inductive analysis based on Li (2016).

The results demonstrated that the use of Khan Academy had a positive impact on approval rates and a reduction in dropout, loss, and abandonment rates. These rates were influenced by the participation of new students in the PREIN online training. Furthermore, it was observed that students' academic performance was linked to their mathematical self-concept, progress in the PREIN training, and socioeconomic factors such as scholarship access, parents' educational level, and access to technological devices at home, highlighting a technological gap in academic performance.

Additionally, a qualitative approach explored the determining factors for successful implementation of online learning support platforms from the perspective of university teachers, using focus groups. Seventeen key factors influencing the effectiveness of the platform's implementation were identified, along with supporting and hindering components that contributed to the development of the implementation model. These contributions allowed for the development of an explanatory model crucial for future educational interventions in mathematics. The data also revealed that Khan Academy facilitated students' exploration of different strategies for approaching mathematical concepts, enriching teaching practice and promoting a mutual challenge between teachers and students. This spurred the need for continuous teacher training updates.

The exploratory factor analysis of the sample identified three factors related to self-concept and attitudes towards mathematics: negative mathematical self-perception, positive mathematical self-perception, and repulsive mathematical self-perception. The quasi-experimental study compared the effectiveness of guided tasks versus mastery goals in Khan Academy, finding no significant differences in academic performance but showing a surprising similarity in evaluations, suggesting that the platform offered rigorous content and an effective reference framework.

The experience at UTS demonstrated that the implementation of the PREIN online training course served as a mediator between mathematical deficiencies and autonomous learning in students of the Faculties of Natural Sciences and Engineering (FCNI) and Socioeconomic and Business Sciences (FCSE). Over ten consecutive semesters, students who participated in the PREIN online training showed higher approval rates, lower loss and cancellation rates, and higher average academic performance compared to those who did not participate in the program. This reflected the program's effectiveness in strengthening academic



Universidad de Oviedo

preparation and student retention at UTS, being an important indicator for the Ministry of National Education's accreditation and high-quality registration processes. The results were obtained from students from various social strata, particularly the lowest ones, demonstrating that the PREIN online training contributed to reducing cognitive inequality gaps and the professional development of future graduates, regardless of their socioeconomic level.

The PREIN strategy represented an innovative approach to addressing the challenges of mathematical pre-knowledge in higher education in Colombia, promoting students' academic success. These findings have important implications for improving educational practices and closing performance gaps in mathematics. It was proposed to explore how increasing mathematical self-concept could be facilitated through autonomous learning and its integration with Khan Academy. This includes examining teachers' roles and attitudes towards this online tool as support for their students. It is also crucial to investigate how teachers' beliefs and practices affect mathematics learning and teaching through digital platforms, considering specific socio-emotional and cultural aspects. Additionally, it was recommended to study how Khan Academy operates in various disciplines and educational levels to maximize its effectiveness and reach. This could involve developing advanced predictive models to foresee academic dropout and low performance, using platform activity data and other relevant factors.

**SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL PROGRAMA DE DOCTORADO
EN MATEMÁTICAS Y ESTADÍSTICA**

Dedicado a:

Mi mamita ***Mariela Gómez***, fuente inagotable de amor y apoyo incondicional.

Mis hermanitas ***Lenis*** y ***Carely***, quienes llenan mi vida de alegría y son mi mayor motivación.

Mi papi ***Arquímedes Rueda***, por inculcarme la perseverancia y el esfuerzo para alcanzar mis metas.

Mi cuñado ***Edward Pinilla***, por su cariño y respaldo como parte de nuestra familia.

Y a mis estrellitas de luz, mis peluditos ***Meganne***, ***Copito*** y ***Newton***, por enseñarme el verdadero significado de la lealtad y el amor puro.



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi profunda gratitud a Dios por brindarme la vida y la perseverancia necesaria para superar todos los obstáculos. Gracias por abrir caminos frente a la adversidad y mantener mi espíritu confiado. Su guía constante ha sido mi apoyo en momentos desafiantes y un faro que ilumina mi camino.

A mi familia, mi motor, mi impulso y mi vida entera. Gracias por estar siempre presentes con su amor incondicional, tanto en los momentos de risas y alegría como en los de profundo dolor y enfermedad. Su compañía cálida y los detalles que llenan mi alma me hacen sentir profundamente amada y valorada. Los amo con todo mi corazón y agradezco cada sacrificio y cada palabra de aliento que me han brindado. Ustedes son la base sobre la que he construido cada uno de mis sueños.

A mis fieles peluditos, por su amor puro e incondicional compañía. Su presencia constante y su alegría sin reservas me han brindado mil razones para levantarme cada día con una sonrisa y continuar adelante, en la consecución de sus croquetas. Son un recordatorio diario de la simplicidad y la belleza del amor desinteresado. En sus ojos, encuentro la paz y la motivación para seguir avanzando.

A mis amigos, por su gran cariño y los inolvidables momentos de alegría y desorden vividos que son una verdadera terapia para el alma. Gracias por ser mi refugio y mi escape, por cada risa compartida y por cada abrazo en los momentos difíciles. Su amistad es un tesoro invaluable que atesoraré en mi corazón. Cada uno ha sido una fuente de inspiración y fortaleza, demostrando que los verdaderos instantes de felicidad están en la compañía de quienes amamos.

A mis directores de tesis, por su invaluable paciencia, dedicación y calidad humana. Gracias por guiarme con sabiduría y generosidad a lo largo de esta travesía. Sus certeros consejos, su constante respaldo y su fe inquebrantable en mis capacidades han sido fundamentales para alcanzar este logro. Los admiro profundamente y aprecio el impacto que han tenido en mi formación académica y crecimiento personal. Me han enseñado que la verdadera grandeza se encuentra en el compromiso y en la entrega incondicional hacia la búsqueda del conocimiento.

Al Dr. Omar Lengerke Pérez, rector de las Unidades Tecnológicas de Santander, por hacer posible este anhelo. Gracias por inspirarme en el camino de la excelencia académica y por su don de gente. Su liderazgo visionario y compromiso inquebrantable con la educación me han motivado para continuar avanzando. Su ejemplo ha sido un faro que ha guiado mi trayectoria, recordándome siempre la importancia de la dedicación y la perseverancia.

A toda la familia Uteísta, el Departamento de Ciencias Básicas, el grupo de trabajo Guerreros PREIN, por su cariño, apoyo y carisma. Gracias por cada gesto de amabilidad y por crear un entorno en el que pude crecer tanto personal como profesionalmente. Su invaluable respaldo ha sido esencial en esta travesía. Cada uno de ustedes ha contribuido a mi desarrollo y a mis metas, y por ello, les agradeceré eternamente.

A mis queridos estudiantes, mis capullitos de alelí, quienes me llenan de alegría con sus ocurrencias en clase y de orgullo con sus triunfos. Gracias por desafiarme día a día a ser una mejor educadora y un mejor ser humano. Su entusiasmo contagioso y pasión por aprender me han inspirado y motivado a dar siempre lo mejor de mí. En ustedes, vislumbro el futuro brillante y prometedor que nuestra sociedad anhela.

Finalmente, me agradezco a mí misma por vencer mis miedos, por creer que soy suficiente, merecedora, capaz y triunfadora. Me agradezco cada sonrisa que, día a día, obsequio al mundo, independientemente de lo que esté aconteciendo en mi interior. Gracias por la perseverancia y por no rendirme ante los desafíos, por confiar en mi camino y por alcanzar los sueños más íntimos de mi corazón. He aprendido que la verdadera

fuerza reside en la resiliencia y en la capacidad de soñar con un futuro mejor... porque, ***mañana será bonito.***



Karol Rueda-Gomez

RESUMEN

En el contexto de la educación superior colombiana, el desafío del déficit formativo en los presaberes matemáticos ha generado altas tasas de deserción estudiantil, abandono, repetición y bajo rendimiento académico. Las Instituciones de Educación Superior (IES), al estar en esta posición, toman medidas para abordar este problema. Un caso de intervención exitosa es el de las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS), que han implementado el entrenamiento en línea PREIN utilizando la estrategia pedagógica Khan Academy. PREIN ha brindado orientación educativa a los maestros de la Facultad de Ciencias Socioeconómicas Empresariales y de la Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías desde el segundo semestre de 2018, durante más de cinco años consecutivos. En esta formación se han implicado más de 1 800 estudiantes por semestre. Al undécimo semestre de implementación, la experiencia ha beneficiado a más de 20 000 estudiantes y de 200 profesores.

En este sentido, los resultados de esta investigación han demostrado que el uso de Khan Academy tiene un impacto positivo en las tasas de aprobación, así como una reducción en los índices de deserción, pérdida y abandono durante la implementación de la estrategia. Estas tasas están influenciadas por si los estudiantes de nuevo ingreso completan o no el entrenamiento en línea PREIN apoyado en Khan Academy. Además, se observa que el rendimiento académico de los estudiantes está directamente vinculado a su autoconcepto matemático, progreso en el entrenamiento PREIN y otros factores socioeconómicos, como ser beneficiario de becas, el nivel educativo de los padres y el

acceso a dispositivos tecnológicos en casa. Esto resalta una brecha tecnológica en el rendimiento académico a favor de aquellos estudiantes que disponen de estos recursos.

Adicionalmente a estos hallazgos, se llevó a cabo un enfoque cualitativo para explorar los factores determinantes del éxito en la implementación de plataformas en línea de apoyo al aprendizaje, desde la perspectiva de docentes universitarios, a través de la técnica del *focus group*. Este análisis identificó 17 factores claves que influyen en la efectividad de la implementación de la plataforma, así como los componentes de apoyo y barrera que contribuyeron al desarrollo del modelo de implementación. Los hallazgos permiten el desarrollo de un modelo de implementación clave a considerar en futuras intervenciones educativas de matemáticas.

Estos grupos focales con docentes permitieron identificar los elementos esenciales que deben estar presentes para que una estrategia pueda implementarse en las aulas de manera exitosa y sostenible. Estos valiosos aportes se integraron en un modelo explicativo clave de esta investigación. Además, se consideró que Khan Academy facilita que los estudiantes exploren diferentes estrategias, enriqueciendo la práctica docente y promoviendo un desafío mutuo entre docentes y estudiantes, lo que impulsa la necesidad de una actualización continua en la formación docente.

Los datos analizados sugirieron los hallazgos más relevantes, relacionados con las actitudes hacia las matemáticas y la efectividad de diferentes enfoques de aprendizaje en Khan Academy. Por un lado, la divergencia entre los factores del modelo teórico y la muestra de estudio subraya la complejidad y la dinámica cambiante de las actitudes hacia las matemáticas en este grupo demográfico. El Análisis Factorial Exploratorio (AFE) de la muestra reveló tres factores distintos relacionados con el autoconcepto y las actitudes hacia las matemáticas: autopercepción matemática negativa, autopercepción matemática positiva y autopercepción matemática repulsiva.

Por otro lado, el estudio cuasiexperimental midió la eficacia de dos enfoques metodológicos en Khan Academy, específicamente tareas guiadas (grupo experimental) en contraposición a metas de dominio (grupo control). El estudio no identificó diferencias

estadísticamente significativas en el rendimiento académico entre los estudiantes de ambos grupos. Sin embargo, las respuestas a las respectivas evaluaciones escritas arrojaron una sorprendente similitud con los procesos enseñados en Khan Academy. Estos hallazgos sugieren que la plataforma no solo ofrece contenido académico riguroso, sino que también proporciona un marco de referencia efectivo que se adapta a los conocimientos previos de los estudiantes.

Para concluir, se puede afirmar que la estrategia PREIN representa un enfoque innovador para abordar los desafíos de los presaberes matemáticos en la educación superior en Colombia, promoviendo el éxito académico de los estudiantes. Estos hallazgos tienen importantes implicaciones para mejorar las prácticas educativas y cerrar las brechas en el rendimiento estudiantil en el área de matemáticas.

SUMMARY

In the context of Colombian higher education, the challenge of the formative deficit in mathematical pre-knowledge has generated high rates of student dropout, abandonment, repetition and low academic performance. Higher Education Institutions, being in this position, take measures to address this problem. Santander Technological Units is a case of this kind of successful intervention, which have implemented PREIN training using the Khan Academy pedagogical strategy. PREIN has provided educational guidance to teachers of the Faculty of Socioeconomic Business Sciences and the Faculty of Natural Sciences and Engineering since the second semester of 2018, for more than five consecutive years. More than 1 800 students per semester have been involved in this training. By the eleventh semester of implementation, the experience has benefited more than 20 000 students and 200 teachers.

In this sense, the results of this research have shown that the use of Khan Academy has a positive impact on pass rates, as well as a reduction in dropout, loss and abandonment rates during the implementation of the strategy. These rates are influenced by whether or not incoming students complete the PREIN online training. In addition, it is observed that students' academic performance is directly linked to their mathematical self-concept.

In addition to these findings, a qualitative approach was conducted to explore the determinants of success in the implementation of online learning support platforms, from the perspective of university teachers, through a focus group technique. This analysis

identified 17 key factors that influence the effectiveness of platform implementation, as well as the support and barrier components that contributed to the development of the implementation model. The findings allow for the development of a key implementation model to be considered in future mathematics educational interventions.

These focus groups with teachers allowed to identify the essential elements that must be present for a strategy to be successfully and sustainably implemented in classrooms. These valuable inputs were integrated into a key explanatory model of this research. In addition, Khan Academy was seen as facilitating students to explore different strategies, enriching teaching practice and promoting a mutual challenge between teachers and students, which drives the need for continuous updating in teacher training.

The analysed data suggested the most relevant findings, related to attitudes toward mathematics and the effectiveness of different learning approaches at Khan Academy. On the one hand, the divergence between the factors in the theoretical model on the study sample underscores the complexity and changing dynamics of attitudes toward mathematics in this demographic group. Exploratory factor analysis of the sample revealed three distinct factors related to self-concept and attitudes toward mathematics: negative mathematical self-perception, positive mathematical self-perception, and aversive mathematical self-perception.

On the other hand, the quasi-experimental study measured the effectiveness of two methodological approaches at Khan Academy, specifically guided tasks (experimental group) as opposed to unit goals (control group). The study did not identify statistically significant differences in academic performance among students of both groups. However, responses to the respective written assessments yielded a striking similarity to the processes taught in Khan Academy. These findings suggest that the platform not only offers rigorous academic content, but also provides an effective framework that accommodates students' prior knowledge.

To conclude, it can be affirmed that the PREIN strategy represents an innovative approach to address the challenges of mathematical pre-knowledge in higher education

in Colombia, promoting students' academic success. These findings have important implications for improving educational practices and closing the gaps in student achievement in the area of mathematics.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	I
RESUMEN	V
SUMMARY.....	IX
CAPÍTULO 1. Introducción general.....	1
1.1. Contextualización.....	3
1.2. Khan Academy.....	4
1.3. Objetivos de la investigación	7
1.4. Preguntas de investigación	7
1.5. Estructura de la tesis doctoral	8
CAPÍTULO 2. Estado del arte.....	13
2.1. Experiencias en la implementación de Khan Academy en matemáticas.....	14
2.1.1. Educación primaria y secundaria.....	14
2.1.2. Educación superior	17
2.2. Implementación de Khan Academy en las UTS	20
2.2.1. Participación en el entrenamiento en línea PREIN.....	23
2.2.2. Comparación de tasas de rendimiento académico	25
CAPÍTULO 3. Marco teórico	31
3.1. Presaberes matemáticos	31

3.1.1. Situación de presaberes matemáticos en Colombia.....	34
3.2. Autoconcepto matemático.....	34
3.3. Actitudes hacia las matemáticas	37
3.4. Integración de las TIC en el contexto educativo.....	38
3.4.1. Factores que influyen en el uso de plataformas TIC en educación.....	39
3.5. El sistema de aprendizaje de Khan Academy.....	41
3.5.1. Enfoques de aprendizaje en Khan Academy	43
3.5.2. Tareas guiadas	43
3.6. Fundamentación teórica de la metodología	46
3.6.1. Enfoque metodológico mixto	46
3.6.2. Metodología cuantitativa	47
3.6.3. Metodología cualitativa	48
CAPÍTULO 4. Rendimiento y autoconcepto matemático en universitarios que emplean Khan Academy.....	53
4.1. Metodología.....	54
4.1.1. Población y muestra	54
4.1.2. Recogida y análisis de datos	54
4.2. Resultados.....	56
4.2.1. Perfil sociotecnológico de los participantes.....	56
4.2.2. Autoconcepto matemático	57
4.2.3. Rendimiento académico.....	59
4.2.4. Relaciones entre variables	60
4.3. Discusión	65

CAPÍTULO 5. Factores que median en el éxito del uso de plataformas online de apoyo al aprendizaje: la mirada de los docentes universitarios	69
5.1. Metodología.....	70
5.1.1. Formación del grupo focal.....	70
5.1.2. Elaboración del guion.....	71
5.1.3. Recogida y análisis de datos	74
5.2. Resultados.....	75
5.2.1. Codificación abierta	75
5.2.2. Codificación axial	85
5.2.3. Codificación selectiva	86
5.3. Discusión	87
CAPÍTULO 6. Influencia de las actitudes hacia las matemáticas, los presaberes matemáticos y las tareas guiadas en el aprendizaje apoyado por Khan Academy .	91
6.1. Metodología.....	92
6.1.1. Primera etapa: análisis de las actitudes hacia las matemáticas	92
6.1.2. Segunda etapa: análisis de los presaberes matemáticos.....	95
6.1.3. Tercera etapa: análisis de la intervención metodológica.....	99
6.2. Resultados.....	103
6.2.1. Resultados de las actitudes hacia las matemáticas.....	103
6.2.2. Resultados respecto a los presaberes matemáticos.....	108
6.2.3. Resultados de la intervención metodológica	116
6.3 Discusión	122
CAPÍTULO 7. Conclusiones y líneas futuras.....	127

7.1. Principales resultados, relación con los objetivos de investigación y limitaciones.	128
7.2. Líneas de investigación futuras	137
REFERENCIAS.....	139
APÉNDICE A.....	159
APÉNDICE B.....	163

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cursos de Khan Academy	5
Figura 2. Pilares de la efectividad de Khan Academy	6
Figura 3. Estructura de la tesis.....	9
Figura 4. Tecnología disponible en el hogar según el nivel socioeconómico.....	57
Figura 5. Apreciaciones de los participantes sobre el autoconcepto matemático	58
Figura 6. Percepciones de los estudiantes sobre las matemáticas y la formación online.....	59
Figura 7. Evolución del porcentaje de participantes en cada tramo de la escala, teniendo en cuenta el porcentaje de avance en el entrenamiento en línea PREIN.....	60
Figura 8. Nube de códigos del grupo focal.....	75
Figura 9. Codificación axial.....	86
Figura 10. Modelo de implementación de una plataforma online de apoyo al aprendizaje matemático	87
Figura 11. Banco de ítems para la pregunta P1	97
Figura 12. Banco de ítems para las preguntas P2 y P3	97
Figura 13. Preguntas P4, P5, P6, P7, P8 y P9.....	98
Figura 14. Actividades asignadas a los grupos experimentales: lista de tareas de la unidad Fundamentos de álgebra.	101

Figura 15. Actividades asignadas a los grupos control: meta de dominio de la unidad Fundamentos de álgebra.....	102
Figura 16. Porcentaje de cambio de ítems por factor en cada modelo.....	107
Figura 17. Clasificación de las preguntas por tipo de respuesta.....	109
Figura 18. Procedimiento correcto de un estudiante en P3	110
Figura 19. Explicación en Khan Academy relativa a la combinación de términos semejantes para simplificar expresiones.....	110
Figura 20. Procedimiento correcto de un estudiante en P6	111
Figura 21. Explicación en Khan Academy relativa a la simplificación para crear una expresión equivalente	111
Figura 22. Procedimiento incorrecto de un estudiante en P1	112
Figura 23. Procedimiento incorrecto de un estudiante en P7	112
Figura 24. Errores más frecuentes alusivos a los presaberes matemáticos.....	113
Figura 25. Error de un estudiante en relación con la propiedad distributiva en P5.....	114
Figura 26. Error de un estudiante en relación con las expresiones algebraicas en P3...	114
Figura 27. Error de un estudiante en relación con las operaciones con fracciones en P3	115
Figura 28. Error de un estudiante en relación con la ley de signos en P1.....	116
Figura 29. Diagrama de caja de la nota según el tipo de estudio para D1	117
Figura 30. Histogramas de notas para D1.....	118
Figura 31. Diagrama de caja de la nota según el tipo de estudio para D2	119
Figura 32. Histogramas de notas para D2.....	120
Figura 33. Diagrama de caja de la nota según el tipo de estudio para D3	121
Figura 34. Histogramas de notas para D3.....	122

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Participación en el entrenamiento en línea PREIN.....	25
Tabla 2. Comparación de tasas de rendimiento académico.....	27
Tabla 3. Porcentaje de profesorado en cada tramo de la escala, teniendo en cuenta el porcentaje de matriculados en PREIN por docente.....	28
Tabla 4. Porcentaje de profesorado en cada tramo de la escala, teniendo en cuenta el porcentaje de avance en PREIN por docente.....	29
Tabla 5. Porcentaje de profesorado en cada tramo de la escala, teniendo en cuenta el porcentaje de aprobación en PREIN por docente.....	30
Tabla 6. Pruebas post-hoc de Nemenyi para rendimiento académico y autoconcepto matemático	62
Tabla 7. Pruebas post-hoc de Nemenyi para rendimiento académico y utilidad de las matemáticas	63
Tabla 8. Pruebas post-hoc de Nemenyi para rendimiento académico y condición de becario	64
Tabla 9. Mediana de rendimiento académico en función de algunos ítems.....	64
Tabla 10. Preguntas del grupo focal.....	72
Tabla 11. Muestra de la primera etapa del tercer estudio.....	94
Tabla 12. Muestra de la segunda etapa del tercer estudio	95

Tabla 13. Clasificación de los grupos del estudio cuasiexperimental de la tercera etapa...	99
Tabla 14. Tareas asignadas a los grupos experimentales.....	100
Tabla 15. Aspectos AFE de la muestra.....	104
Tabla 16. Comparativo por factores y por preguntas del modelo teórico EAM y la muestra.....	105

CAPÍTULO 1

Introducción general

En los últimos años el enfoque en la enseñanza de las matemáticas se ha convertido en una prioridad para los sistemas educativos a nivel global, motivados por la creciente necesidad de preparar a los estudiantes para un mundo cada vez más científico y tecnológico (Çevikbaş y Kaiser, 2020). A pesar de los esfuerzos realizados, los estudiantes que ingresan a la educación superior continúan enfrentando diversas dificultades debido a las lagunas en conocimientos previos, especialmente en el campo de las matemáticas (Büchele, 2020; Rodríguez-Muñiz et al., 2020).

Al mismo tiempo, la creciente necesidad de preparar a los estudiantes para vivir plenamente en una sociedad científica y tecnológica hizo que las políticas educativas de varios países le dieran prioridad a la adquisición de habilidades matemáticas. Sin embargo, a pesar de los diversos esfuerzos, los estudiantes que ingresan a la educación superior aún enfrentan grandes dificultades debido a los baches en los conocimientos previos, particularmente en matemáticas.

Esta brecha formativa en los presaberes matemáticos de los estudiantes de nuevo ingreso ha sido identificada como uno de los principales factores que contribuyen a las altas tasas de deserción, repetición y bajo rendimiento académico en los primeros semestres de la educación superior (Hasan et al., 2020; Rodríguez et al., 2014; Rodríguez-Muñiz y Díaz, 2015). Además, no solo constituye un desafío para las IES, sino que también

tiene implicaciones directas en el desarrollo profesional y laboral de los futuros graduados, así como en la reducción de las brechas de desigualdad cognitiva (Baig y Yadegaridehkordi, 2023; Quiles y De Gracia, 2015).

En respuesta a esta problemática, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y, en particular, las Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC), han emergido como herramientas facilitadoras y dinamizadoras del saber, ofreciendo entornos formativos personalizados y enriquecidos mediante el uso didáctico de recursos digitales (Moreno-Guerrero et al., 2021; Utomo et al., 2018). Una de las plataformas online de enseñanza que ha ganado reconocimiento a nivel mundial por su enfoque innovador y acceso gratuito es Khan Academy.

Khan Academy es una herramienta tecnológica que ofrece cursos en línea en diversas áreas del conocimiento, como la matemática, y emplea una metodología de aprendizaje personalizado centrada en videos, ejercicios interactivos y retroalimentación instantánea (Attard y Holmes, 2022; Hung et al., 2019). Estudios previos han demostrado que la incorporación de Khan Academy en el ámbito educativo ha contribuido a mejorar el desempeño académico, la participación de los estudiantes, el aprendizaje colaborativo y el desarrollo del aprendizaje autónomo (Rueda y Rey, 2018; Santillán de la Vega, 2021).

No obstante, a pesar de los prometedores resultados obtenidos, hay aún algunos interrogantes sin resolver sobre la eficacia y los factores que influyen en el éxito de la implementación de plataformas online, como Khan Academy, para fortalecer los presaberes matemáticos del estudiante de educación superior. Además, sería necesario explorar el rol del docente en la implementación de las actividades, la interacción de los estudiantes con la plataforma y la evaluación del desempeño en el curso, así como los posibles costos y beneficios asociados a su implementación en las IES.

En consecuencia, la presente investigación doctoral tiene como objetivo principal diseñar, implementar y analizar una propuesta metodológica que contribuya al fortalecimiento de la fundamentación conceptual matemática de los estudiantes que ingresan a la educación superior, mediante el aprovechamiento de la plataforma de acceso

libre Khan Academy. Esto permitirá abordar los interrogantes planteados y generar conocimiento valioso para las IES, los docentes y los responsables de la formulación de políticas educativas, con el fin de fomentar la reducción de la brecha formativa en matemáticas y promover el éxito académico de los estudiantes de nuevo ingreso.

1.1. Contextualización

El bajo rendimiento en matemáticas entre los estudiantes de nuevo ingreso no es ajeno a las UTS. A pesar de ser una institución pública con 60 años de trayectoria y haber graduado a más de 57 000 profesionales, las UTS enfrentan desafíos significativos en el rendimiento académico de sus estudiantes, especialmente en matemáticas. Aunque en 2021 fue la universidad con mayor número de matriculados en Santander, con 22 374 estudiantes, la heterogeneidad en el desempeño en matemáticas sigue siendo un problema crítico.

Desde 2020, la política de gratuidad ha permitido que el 97 % de los estudiantes cursen sus carreras sin costo de matrícula, beneficiando especialmente a aquellos de estratos socioeconómicos bajos, que representan aproximadamente el 80% de los universitarios en Colombia. Este sistema de estratificación socioeconómica clasifica a la población en niveles del 1 al 6, donde los niveles 1, 2 y 3 se consideran bajos. Aunque esta medida es crucial para promover la inclusión, no ha resuelto las deficiencias en la preparación académica previa. En los niveles educativos anteriores a la educación superior, la ley de promoción automática permite que los estudiantes del sistema público sean promovidos de grado sin cumplir con las habilidades mínimas requeridas (Pinzón, 2018). Esto genera desánimo entre los docentes, quienes enfrentan la presión de aprobar al 95 % de los estudiantes, lo que resulta en baches formativos significativos. Estos baches afectan la base de conocimientos necesarios para afrontar con éxito los niveles educativos superiores, exacerbando los desafíos en áreas clave como las matemáticas.

A diferencia de otras instituciones de educación superior en Colombia, las UTS no requieren examen de admisión ni puntaje mínimo en pruebas estatales para el proceso de selección de estudiantes. Aunque esta política promueve la inclusión social y facilita el

acceso, también aumenta las probabilidades de fracaso, representando un desafío institucional adicional para fortalecer las habilidades básicas en matemáticas, especialmente para estudiantes provenientes de estratos socioeconómicos más bajos. Para abordar la brecha formativa en matemáticas entre los estudiantes de nuevo ingreso, las UTS han implementado diversas estrategias. Entre ellas, destaca la estrategia institucional denominada entrenamiento en línea PREIN. El entrenamiento es un curso virtual diseñado para fortalecer las bases matemáticas de los estudiantes mediante el trabajo independiente en una plataforma tecnológica de apoyo al aprendizaje. Desde el segundo semestre académico de 2018, el PREIN se ha llevado a cabo de manera continua utilizando la plataforma Khan Academy.

Esta iniciativa ha beneficiado tanto a los estudiantes de la Facultad de Ciencias Socioeconómicas y Empresariales como a los de la Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías. En la Facultad de Ciencias Socioeconómicas y Empresariales, se incluyeron los programas académicos de Cultura Física y Deporte, Contaduría Pública, Diseño de Modas, Administración Financiera, Mercadeo, Administración de Empresas y Gestión Agroindustrial. En la Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías, se abarcaron los programas de Ingeniería Electrónica, Ingeniería de Telecomunicaciones, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Industrial, Ingeniería en Topografía e Ingeniería Civil.

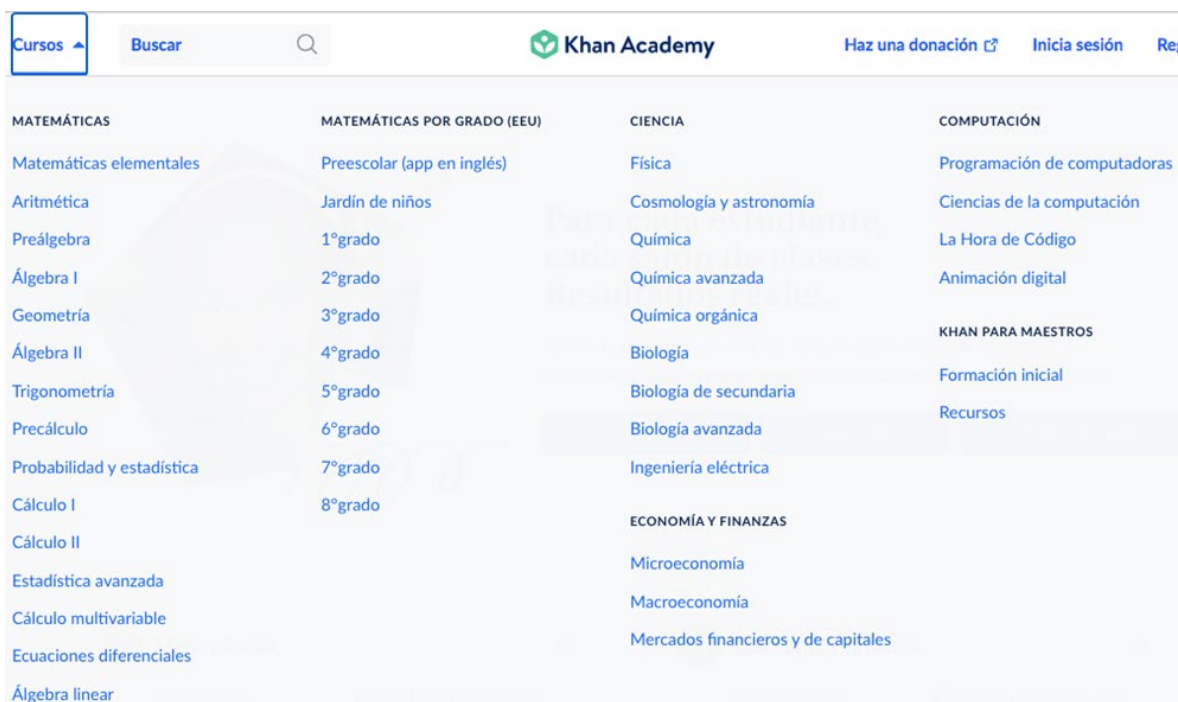
1.2. Khan Academy

Khan Academy ha transformado el panorama educativo global al ofrecer una amplia gama de cursos gratuitos en disciplinas como matemáticas, ciencias, economía, finanzas y computación, adaptados a todos los niveles educativos (véase la Figura 1). Con más de 5 000 videos educativos y una variedad de ejercicios interactivos, la plataforma destaca por su accesibilidad y capacidad para proporcionar retroalimentación inmediata sobre el desempeño de los estudiantes (Vidergor y Ben-Amram, 2020). Su misión central es facilitar una educación de alta calidad de manera gratuita, empoderando a cada estudiante para que alcance su máximo potencial (McLaughlin et al., 2016). Khan

Academy se ha vuelto extremadamente popular, con más de 100 millones de usuarios registrados en 190 países, demostrando su influencia significativa en la educación moderna y su alcance global.

Figura 1

Cursos de Khan Academy



Nota. Tomado de Khan Academy (2024).

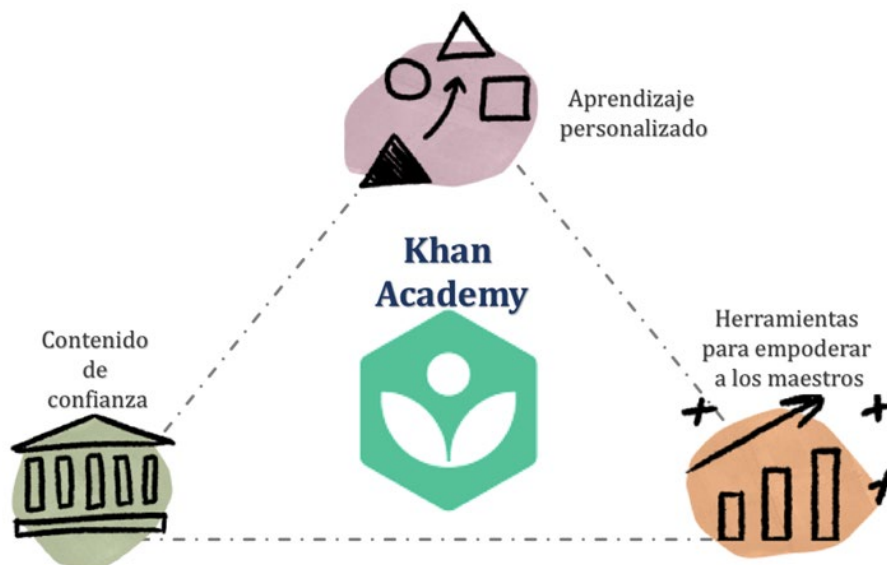
La efectividad de Khan Academy se fundamenta en tres pilares principales: el *aprendizaje personalizado*, el *contenido*, y el *empoderamiento de los maestros*. En primer lugar, el *aprendizaje personalizado* permite a los estudiantes practicar a su propio ritmo para cerrar lagunas en su comprensión y luego acelerar su aprendizaje. Esta metodología fortalece la base de conocimientos de manera individualizada y fomenta la autodisciplina y el dominio de conceptos clave. Además de las herramientas como guías interactivas, videos instructivos, gamificación y ejercicios prácticos, los estudiantes reciben retroalimentación instantánea de la solución, videos explicativos y pistas detalladas del paso a paso para mejorar la comprensión (Díaz y Rueda, 2020). En segundo lugar, *el*

Capítulo 1

contenido de Khan Academy es desarrollado por expertos de cada uno de los campos ofrecido. Esta fuente confiable de información garantiza la calidad educativa y está siempre disponible de forma gratuita para estudiantes y maestros, promoviendo la igualdad de acceso al conocimiento (He, 2020). El tercer y último pilar es el *empoderamiento de los maestros* a través de herramientas avanzadas. Khan Academy permite a los educadores identificar lagunas en la comprensión de los estudiantes, personalizar lecciones según las necesidades individuales y gestionar el progreso en el aula de manera efectiva (Gray y Lindstrom, 2019). Esta capacidad de adaptación y mejora continua de la enseñanza personalizada posiciona a Khan Academy como un líder en la innovación educativa global. Además, el sistema de *resumen de actividad* proporciona a docentes y estudiantes una visión detallada del progreso individual y grupal, facilitando así una gestión educativa eficiente y adaptativa (véase la Figura 2).

Figura 2

Pilares de la efectividad de Khan Academy



Nota. Tomado de Khan Academy (2024).

1.3. Objetivos de la investigación

El objetivo global de esta tesis doctoral es diseñar, implementar y analizar una metodología que contribuya al fortalecimiento de la fundamentación conceptual matemática de los estudiantes que ingresan a la educación superior mediante el aprovechamiento de la plataforma de acceso libre Khan Academy. Este objetivo global puede ser desglosado en seis objetivos específicos:

- **Objetivo Específico 1 (OE1):** Diseñar e implementar un curso de entrenamiento en línea a estudiantes de nuevo ingreso con el fin de fortalecer los presaberes matemáticos.
- **Objetivo Específico 2 (OE2):** Comparar las tasas de cancelación, reprobación, aprobación y desempeño académico en función de que los estudiantes hayan o no realizado el entrenamiento en línea PREIN.
- **Objetivo Específico 3 (OE3):** Medir las relaciones entre autoconcepto matemático, avance en el entrenamiento en línea PREIN y rendimiento académico en la práctica matemática de estudiantes universitarios de nuevo ingreso.
- **Objetivo Específico 4 (OE4):** Analizar los factores que median en el éxito del uso de plataformas online de apoyo al aprendizaje a partir de las percepciones de un grupo focal de docentes universitarios, con un enfoque metodológico cualitativo
- **Objetivo Específico 5 (OE5):** Profundizar en el estudio de la influencia de las actitudes hacia las matemáticas y de los presaberes matemáticos de los estudiantes en el aprendizaje a través de Khan Academy.
- **Objetivo Específico 6 (OE6):** Analizar el impacto de una intervención metodológica basada en el uso de tareas guiadas.

1.4. Preguntas de investigación

Mediante estos objetivos, se pretende dar respuesta a la pregunta de investigación: ¿pueden los estudiantes que ingresan en el primer semestre académico de la educación

superior fortalecer sus presaberes matemáticos mediante la utilización de la plataforma Khan Academy? A su vez, esta pregunta, puede desgranarse en preguntas más concretas, que se muestran a continuación:

Pregunta de investigación 1: ¿La implementación de un entrenamiento en línea en la plataforma tecnológica Khan Academy puede favorecer la retención estudiantil y los porcentajes de aprobación en las asignaturas del área de matemáticas de los estudiantes que ingresan a la educación superior?

Pregunta de investigación 2: ¿Mediante el refuerzo de presaberes matemáticos de los estudiantes de nuevo ingreso se puede contribuir a la disminución de brechas de desigualdad cognitivas que aporten al desarrollo profesional de los futuros graduados, sin importar su nivel socioeconómico?

Pregunta de investigación 3: ¿Es posible que el entrenamiento virtual en el área de matemática implementado en la plataforma Khan Academy subsane la problemática que presentan las IES colombianas sin generar altos costos monetarios a los establecimientos educativos?

Pregunta de investigación 4: ¿Cuál es el rol del docente en la implementación del entrenamiento virtual en cuanto al diseño de las actividades, interacción de los estudiantes con la plataforma y evaluación del desempeño en el curso?

Pregunta de investigación 5: ¿Qué factores explican las actitudes hacia las matemáticas en estudiantes de nuevo ingreso que usan una plataforma online de apoyo al aprendizaje mediada por Khan Academy en las asignaturas de matemáticas?

Pregunta de investigación 6: ¿Son las tareas guiadas más eficaces que las metas de dominio para el aprendizaje matemático mediado por Khan Academy?

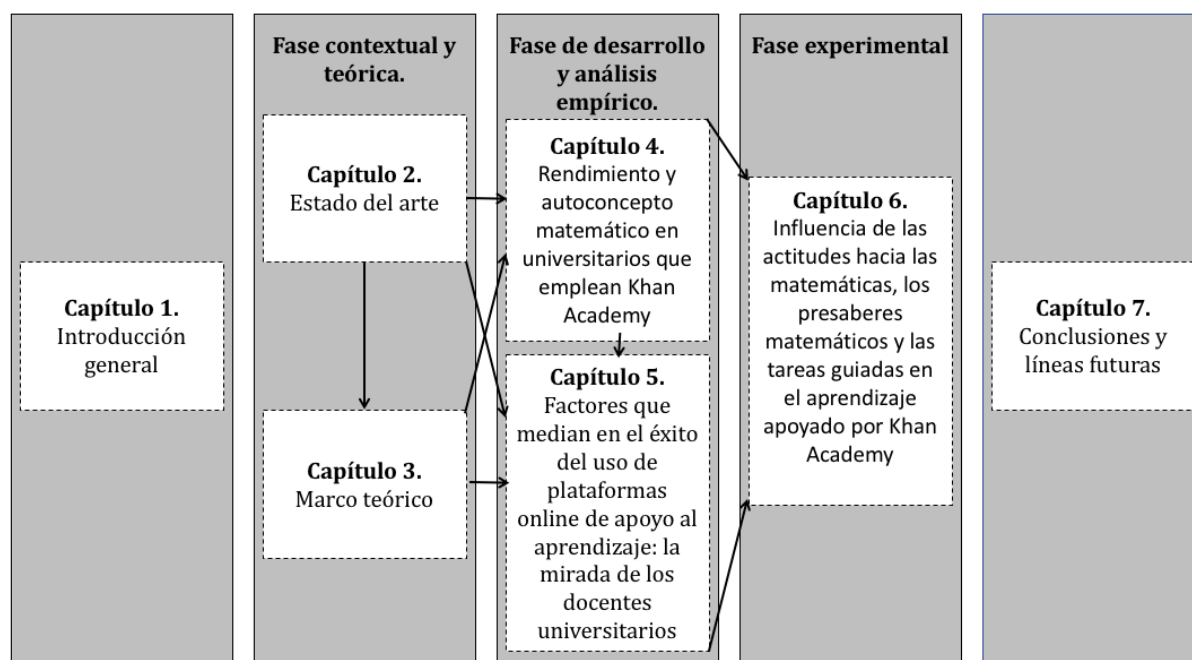
1.5. Estructura de la tesis doctoral

Esta tesis doctoral se estructura en siete capítulos (véase la Figura 3). El capítulo 1 presenta una introducción general, mientras que el capítulo 2 aborda el estado del arte. El capítulo 3 proporciona un marco teórico general. Los capítulos 4, 5 y 6 siguen la misma

estructura, que incluye introducción, metodología, resultados y discusión. Estos capítulos han sido publicados o están actualmente bajo revisión para su publicación en revistas indexadas en Web of Science y Scopus. Finalmente, el capítulo 7 ofrece conclusiones y propone líneas futuras de investigación.

Figura 3

Estructura de la tesis



Nota. Elaboración propia.

Capítulo 1: Introducción general, contextualización, objetivos de investigación, hipótesis de investigación y estructura de la tesis. Este capítulo sienta las bases de la investigación doctoral. Comienza con una contextualización del problema abordado, resaltando las dificultades que enfrentan los estudiantes de nuevo ingreso debido a la brecha en sus presaberes matemáticos. Se destaca el potencial de las TIC y, en particular, de las TAC, como herramientas facilitadoras y dinamizadoras del aprendizaje, con un enfoque en la plataforma online Khan Academy. Posteriormente, se presentan los objetivos generales y específicos de la investigación, así como las preguntas e hipótesis

que guían el estudio. Finalmente, se ofrece un panorama general de la estructura de la tesis.

Capítulo 2: Estado del arte. En este capítulo se exploran las experiencias internacionales sobre la integración de Khan Academy en entornos educativos, destacando los resultados clave obtenidos y su relevancia a nivel global. Además, se detallan los hallazgos de un estudio cuantitativo que examina las tasas de aprobación, deserción y abandono de estudiantes en relación con su participación en un curso en línea a través de Khan Academy.

Capítulo 3: Marco teórico. En este capítulo se presenta la fundamentación teórica de la tesis, donde se abordan conceptos fundamentales como el autoconcepto matemático, los conocimientos previos y el dominio afectivo, entre otros aspectos relevantes.

Capítulo 4: Rendimiento y autoconcepto matemático en universitarios que emplean Khan Academy. En este capítulo, se explora la relación entre el uso de Khan Academy, el autoconcepto matemático y el rendimiento académico de los estudiantes de nuevo ingreso. Se analizan los datos de una muestra de estudiantes distribuidos en varias cohortes, utilizando una metodología cuantitativa correlacional e inferencial. Además de examinar la influencia del avance en el entrenamiento en línea, se consideran otros factores sociotecnológicos que pueden afectar el rendimiento académico.

Capítulo 5: Factores que median en el éxito del uso de plataformas online de apoyo al aprendizaje: la mirada de docentes universitarios. Este capítulo adopta un enfoque cualitativo para analizar los factores que median en el éxito del uso de plataformas online de apoyo al aprendizaje, como Khan Academy, desde la perspectiva de un grupo focal de docentes universitarios. Mediante un proceso de codificación, se identifican y categorizan los factores clave, lo que conduce a la construcción de un modelo de implementación de la plataforma online que puede ser útil para otras experiencias similares aplicadas a cualquier nivel educativo.

Capítulo 6: Influencia de las actitudes hacia las matemáticas, los presaberes matemáticos y las tareas guiadas en el aprendizaje apoyado por Khan Academy. En este

capítulo, se profundiza en el estudio de la influencia de las actitudes hacia las matemáticas y los presaberes matemáticos de los estudiantes en el aprendizaje apoyado por Khan Academy. Además, se analiza el impacto de una intervención metodológica basada en el uso de tareas guiadas. Se implementa un enfoque metodológico mixto, cuantitativo y cualitativo, con tres muestras de estudiantes, y se presentan los resultados obtenidos.

Capítulo 7: Conclusiones y líneas futuras. Se presentan las conclusiones que resaltan el significativo aporte de la plataforma Khan Academy al desempeño académico de los estudiantes, en base a los resultados obtenidos. Se exponen recomendaciones para fomentar el uso de Khan Academy en el aula de clase, iniciando así una discusión sobre sus beneficios potenciales y las líneas futuras de investigación. Además, se exploran las limitaciones del estudio y se abordan otros aspectos relevantes para una comprensión más completa del tema.

CAPÍTULO 2

Estado del arte

La resignificación de la educación se encuentra en la búsqueda de niveles de excelencia que permitan impactar positivamente los procesos académicos con calidad y con pertinencia social (Calvo, 2018). En este contexto, las TIC han demostrado ser un catalizador esencial para promover cambios significativos en los procesos educativos. La implementación de plataformas educativas en línea, como Khan Academy, ha emergido como una solución innovadora para apoyar la enseñanza y el aprendizaje en diversos niveles educativos. El objetivo de este capítulo es revisar la literatura existente sobre las implementaciones de Khan Academy en matemáticas en diversos contextos educativos y analizar sus efectos. Se examinan estudios y experiencias que han evaluado cómo esta plataforma ha influido en la educación en los niveles de primaria, secundaria y superior. Además, se presentan los resultados descriptivos de la experiencia de implementar masivamente Khan Academy en las UTS, una institución de educación superior colombiana, como herramienta de apoyo en el área de matemáticas a los estudiantes de nuevo ingreso.

2.1. Experiencias en la implementación de Khan Academy en matemáticas

2.1.1. Educación primaria y secundaria

En Estados Unidos (California), el equipo de investigación de Khan Academy llevó a cabo un estudio piloto de dos años que comenzó en el otoño de 2011. Se seleccionaron nueve instituciones educativas, incluyendo escuelas públicas, chárter e independientes¹, abarcando niveles de educación primaria, secundaria y preparatoria, y en su mayoría atendiendo a estudiantes de comunidades de bajos ingresos. Durante el primer curso académico del estudio (2011-2012), participaron siete instituciones y en el segundo (2012-2013) participaron seis instituciones. Para el segundo curso de recopilación de datos, se incluyeron cuatro instituciones del primer año que demostraron un enfoque único en el uso de Khan Academy en el aula, mientras que tres instituciones que habían participado el primer curso fueron excluidas debido a su uso limitado de la plataforma. Además, se añadieron dos nuevas instituciones que habían empezado a usar Khan Academy fuera del estudio piloto formal pero que mostraban un esfuerzo significativo

¹ Las principales diferencias entre las escuelas públicas, las escuelas chárter y las escuelas independientes o privadas se encuentran en sus fuentes de financiamiento, niveles de autonomía y requisitos de gestión, lo que afecta su operación y accesibilidad para los estudiantes. Las escuelas públicas reciben fondos y son administradas por el gobierno local o estatal, financiadas mediante impuestos locales, estatales y federales, lo que permite ofrecer educación sin costo. Las escuelas chárter, aunque también reciben fondos públicos, son gestionadas de manera independiente. En contraste, las escuelas independientes o privadas dependen principalmente de las matrículas y donaciones privadas, pudiendo ser sin fines de lucro o con fines de lucro, y suelen tener costos de matrícula más altos, lo que puede limitar el acceso a familias con menos recursos. En términos de autonomía y gestión, las escuelas públicas siguen un currículo establecido por las autoridades educativas y están abiertas a todos los estudiantes que cumplan con los requisitos de residencia en la zona correspondiente. Las escuelas chárter tienen flexibilidad para diseñar su currículo y gestión, lo que les permite innovar en métodos de enseñanza, aunque deben cumplir con metas de rendimiento establecidas en su contrato. Las escuelas independientes o privadas no están obligadas a seguir el currículo estatal y pueden implementar sus propios programas educativos.

para mejorar la instrucción y el aprendizaje. En el primer curso, participaron 55 profesores y 1 694 estudiantes (1 260 de instituciones públicas, 332 de chárter y 102 independientes). En el segundo curso, participaron 63 profesores y 2 246 estudiantes (1 061 de instituciones públicas, 1 116 de instituciones concertadas o autónomas y 69 independientes). Los hallazgos evidenciaron que el uso de Khan Academy se asoció positivamente con mejores resultados en los exámenes, menor ansiedad matemática y mayor confianza en la capacidad individual de estudiar matemáticas (Murphy et al., 2014).

Un estudio realizado en Chile se centró en investigar el impacto de Khan Academy en el contexto educativo chileno, específicamente en escuelas pertenecientes a la Sociedad de Instrucción Primaria (SIP), una red sin ánimo de lucro que administra 18 escuelas K-12 en diversas localidades del país. Estas escuelas atienden a aproximadamente 5 000 estudiantes de familias de bajos ingresos, que acceden mediante un proceso de prueba y una tarifa mensual modesta. Se observaron 25 clases de 11 docentes, en las cuales en algunas se usaba Khan Academy y en otras no, correspondientes a los niveles de 4º. a 11º. Se entrevistó a 8 profesores de matemáticas, 7 de ellos pertenecientes a las escuelas SIP, identificados por su compromiso en integrar Khan Academy en sus prácticas pedagógicas, 6 directivos docentes, clave en la gestión educativa, 15 miembros del personal de apoyo pedagógico y administrativo de los establecimientos, y 32 estudiantes seleccionados por su representatividad en género y nivel de habilidad. Los resultados del estudio destacaron que Khan Academy facilitó un aumento en el compromiso y aprendizaje autónomo de los estudiantes en matemáticas, especialmente en secundaria. Además, se evidenció que la plataforma ofrecía recursos de alta calidad y soporte continuo, fundamentales para mejorar las prácticas pedagógicas en un entorno educativo diverso y desafiante como el chileno (Light, 2016; Light y Pierson, 2014).

En Estados Unidos (Idaho), Phillips y Cohen (2015) realizaron una prueba piloto de Khan Academy a nivel estatal. El estudio contó con la participación de 47 escuelas en 33 distritos, 173 profesores y aproximadamente 10 500 estudiantes de diferentes niveles educativos, en el ciclo escolar 2013-2014. Durante cada año la *Northwest Evaluation*

Capítulo 2

Association (NWEA) implementó la evaluación *Measures of Academic Progress* (MAP) en tres momentos diferentes: en el otoño (como línea de base), en el invierno (como medición del punto medio), y en la primavera (como evaluación final). La prueba MAP se aplica a estudiantes de 2.º a 8.º grado, es de tipo conceptual y de referencia adaptativa, es decir, ajusta la dificultad de la pregunta al nivel del estudiante. MAP mide lo que el estudiante conoce y a partir de esa medición sugiere lo que está listo para aprender. La calificación final de la prueba MAP es una estimación del nivel escolar que alcanza el estudiante referente a matemáticas, comprensión lectora, uso del lenguaje y ciencias, ya sea por encima o por debajo del nivel escolar que esté cursando. Los resultados del estudio evidenciaron que los estudiantes que completaron el 60 % del curso asignado en Khan Academy experimentaron 1.8 veces su crecimiento esperado en la prueba MAP destacando correlaciones positivas entre el uso de Khan Academy y el progreso académico. Se concluyó que Khan Academy es un ejemplo de gestión del cambio altamente eficaz dentro de un sistema educativo resistente al cambio y demostró que profesores y estudiantes pueden mejorar si se les da la oportunidad de personalizar el aprendizaje.

La revisión sistemática realizada por Santillán de la Vega (2021) seleccionó artículos y tesis de alto impacto encontrados en bases de datos entre 2013 y 2020, centrados en el uso de Khan Academy en el aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de secundaria. El estudio abarcó un total de 34 investigaciones, compuestas por 12 artículos de revistas de alto impacto y 22 tesis. De estos, el 58.8 % fueron estudios cuantitativos (20 estudios), el 35.2 % adoptaron enfoques cualitativos (12 estudios), y el 6 % combinaron ambos enfoques (2 estudios). Los estudios procedían de diversos continentes del mundo, siendo América el continente más representativo con el 70.6 % de las publicaciones (24 estudios), seguido por Europa con el 14.7 % (5 estudios), Oceanía con el 2.9 % (1 estudio), y un 5.9 % tanto para África como para Asia, con 2 estudios cada uno. La distribución de los estudios por países es la siguiente: Los países representados en el 2.9 % (1 estudio) eran Israel, Tailandia, Sudáfrica, Ghana, México, Alemania y Nueva Zelandia, el 6 % correspondía a Colombia y Ecuador, con 2 estudios, España representaba el 11.8 %, con 4 estudios, Perú el 14.7 %, con 5 estudios Estados Unidos el 17.7 %, con 6

estudios, y Brasil el 23.5 %, acumulando 8 estudios. Los resultados sistematizados indican que el uso de Khan Academy tiene un impacto significativo en el aprendizaje de las matemáticas: De acuerdo con la revisión de la literatura, el 23.5 % de los estudios (8 estudios) reportaron una mejora en la motivación, el 20.6 % (7 estudios) indicaron un aumento en las habilidades, y el 38.3 % (13 estudios) señalaron un incremento en el rendimiento académico. Además, se observó que el 8.8 % de los estudios (3 estudios) indicaron que promueve la autonomía, mientras que otro 8.8 % (3 estudios) no identificaron una influencia directa en este aspecto. En conclusión, se destaca una mejora considerable en el rendimiento estudiantil, particularmente cuando se integra con métodos de aprendizaje mixto, como la combinación de clases presenciales con actividades en línea, el uso de plataformas digitales interactivas, y la incorporación de recursos multimedia en el proceso educativo., fortaleciendo la autoestima, motivación y conocimientos de los estudiantes.

2.1.2. Educación superior

En Monterrey (México), el estudio realizado por Rodríguez (2016) en el Tecnológico de Monterrey, una universidad privada, se enfocó en evaluar el impacto de Khan Academy en el aprendizaje de ecuaciones diferenciales durante el semestre agosto-diciembre de 2015. Este estudio se llevó a cabo con estudiantes de diferentes condiciones económicas. Se conformaron dos grupos de estudiantes para el estudio: uno compuesto por alumnos de alto rendimiento académico y otro por estudiantes con rendimiento estándar, totalizando 43 participantes. La metodología empleada fue cualitativa exploratoria, utilizando reportes de Khan Academy que detallaban el uso de recursos por parte de los estudiantes, así como una encuesta diseñada para evaluar la percepción de los estudiantes sobre la efectividad del portal como herramienta educativa. Los resultados obtenidos mostraron que Khan Academy desempeñó un papel significativo en mejorar la comprensión de los conceptos matemáticos, especialmente mediante sus recursos de video y ejercicios interactivos. Este hallazgo subraya la importancia de los recursos educativos abiertos como complemento educativo en contextos específicos de educación superior, donde pueden contribuir de manera efectiva al proceso de enseñanza-

aprendizaje. Además, el estudio señaló la necesidad de futuras investigaciones dirigidas a mejorar la interactividad y diversificar los recursos disponibles en plataformas como Khan Academy, con el objetivo de optimizar aún más el aprendizaje de los estudiantes universitarios en diversas disciplinas académicas.

En Colombia (Bucaramanga), Rueda-Gómez y Guzmán-Duque (2018) realizaron un estudio para investigar la relación entre el uso de la plataforma tecnológica Khan Academy y el desempeño académico en la asignatura de cálculo diferencial. La muestra estuvo compuesta por 175 estudiantes de una institución de educación superior en Santander, la mayoría de los cuales pertenecían a estratos socioeconómicos bajos. Del total de la muestra, el 69.14 % eran hombres y el 30.86 % mujeres. El estudio, que se desarrolló a lo largo de todo el semestre, abarcó temas desde funciones, límites y continuidad de funciones reales hasta derivadas. Empleó métodos cuantitativos como el coeficiente de correlación de Pearson y ANOVA para analizar los datos obtenidos. Los resultados mostraron una correlación positiva y estadísticamente significativa entre el tiempo de uso de la plataforma Khan Academy y el rendimiento académico, con un coeficiente de Pearson de 0.50 ($p < 0.000$). Además, el ANOVA reveló diferencias significativas por género en la nota final obtenida ($p < 0.000$), evidenciando que las mujeres experimentaron una mejora más notable en sus resultados académicos en comparación con los hombres. En conclusión, el estudio destaca el impacto positivo de Khan Academy en el aprendizaje y rendimiento académico en cálculo diferencial, subrayando la efectividad de las TIC para fortalecer las habilidades matemáticas y asegurar la calidad educativa. Estos hallazgos son fundamentales para el estado del arte de una tesis doctoral, proporcionando evidencia concreta sobre cómo las plataformas educativas digitales pueden beneficiar significativamente a estudiantes de diferentes contextos socioeconómicos.

En Chile, la investigación reportada por Venegas-Muggli y Westermann (2019) se llevó a cabo en el Instituto Profesional Providencia (IPP), en la ciudad de Santiago, durante el año 2014, con la participación de estudiantes y profesores de primer año de las facultades de Educación e Ingeniería. Se implementaron dos escenarios para evaluar los

recursos educativos abiertos. En el primer escenario, en la Escuela de Educación del IPP, se compararon tres grupos en clases de aritmética: un grupo control de 30 estudiantes que utilizó un libro de texto tradicional, un primer grupo experimental de 35 estudiantes que utilizó la colección de Khan Academy, y un segundo grupo experimental de 31 estudiantes que usó un libro de aritmética abierto diseñado específicamente para el estudio, con la participación de un profesor. En el segundo escenario, en la Escuela de Ingeniería del IPP, se compararon dos grupos en clases de álgebra y cálculo: un grupo control de 41 estudiantes que usó recursos tradicionales institucionales y un grupo experimental de 21 estudiantes que utilizó la colección de Khan Academy, con la participación de dos profesores. En total, 158 estudiantes de diversos niveles socioeconómicos participaron en cinco clases entre ambos escenarios. Además de la evaluación cuantitativa del rendimiento académico, se llevó a cabo una fase cualitativa que incluyó entrevistas semiestructuradas y grupos focales con estudiantes y profesores. También se aplicó una encuesta en línea a 49 estudiantes para obtener percepciones detalladas sobre el uso de estos recursos educativos. Los resultados señalan que los estudiantes en clases presenciales que utilizaron los recursos de Khan Academy obtuvieron mejores calificaciones en los exámenes en comparación con aquellos que usaron el libro de texto abierto o los libros tradicionales. Finalmente, tanto profesores como estudiantes expresaron opiniones muy positivas sobre el uso tanto de la Colección de Khan Academy como de los recursos del libro de texto abierto.

Mariano-Dolesh et al. (2022) realizaron un estudio centrado en estudiantes universitarios del tercer año del programa de Licenciatura en Educación Secundaria con especialización en Matemáticas en la Universidad Estatal de Luzón Central (Filipinas). El objetivo de la investigación fue determinar la mentalidad y el nivel de comprensión conceptual en la resolución de problemas de los futuros profesores de matemáticas en un entorno de aprendizaje en línea que utilizaba Google Classroom y Khan Academy. Empleando un diseño de investigación cuantitativo descriptivo, comparativo y correlacional, se seleccionó una muestra de 45 participantes mediante muestreo aleatorio simple, asegurando una representación demográfica variada. El 31.11 % eran hombres y

el 68.89 % mujeres, mientras que el 75.56 % tenía ingresos bajos, el 20 % ingresos medios y el 4.44 % ingresos altos, reflejando diversidad económica en la muestra. Los datos se recopilaron mediante cuestionarios validados y pruebas confiables de resolución de problemas, analizados con estadísticas descriptivas, análisis de varianza y regresión lineal simple. Los resultados destacaron un dominio significativo de los estudiantes en habilidades de resolución de problemas matemáticos, atribuido a su sólida formación académica y al uso efectivo de intervenciones en línea como Khan Academy. A pesar de ello, se observaron lagunas en la comprensión conceptual de algunos participantes, subrayando la necesidad de promover el uso de plataformas de código abierto como Khan Academy para fomentar el aprendizaje independiente, especialmente entre aquellos con un entendimiento parcial o incompleto de los conceptos matemáticos. Además, el estudio identificó que la mentalidad de crecimiento desempeña un papel crucial en la predicción del nivel de comprensión conceptual en la resolución de problemas en entornos en línea. Por lo tanto, se recomienda desarrollar e implementar lecciones de matemáticas en línea a través de Google Classroom y Khan Academy, integrando principios de mentalidad de crecimiento y comprensión conceptual. Este enfoque no solo beneficia el desarrollo personal y profesional de los futuros profesores de matemáticas, sino que también los prepara eficazmente para su futura labor docente.

2.2. Implementación de Khan Academy en las UTS

El entrenamiento en línea PREIN en las UTS ha sido diseñado para abordar una necesidad crucial como es la de fortalecer los conocimientos previos de los estudiantes que ingresan a la educación superior, particularmente en asignaturas del área de matemáticas como Álgebra Superior, Matemática I y Matemática Básica. Este enfoque responde a un contexto educativo donde la mayoría de los estudiantes provienen de estratos socioeconómicos bajos y enfrentan desafíos significativos debido a políticas de promoción automática en niveles educativos previos, así como la falta de requisitos mínimos de ingreso (Torres y Buitrago, 2020).

En consecuencia, a partir del segundo semestre de 2018, se diseñó e implementó el entrenamiento en línea PREIN, mediado por la plataforma Khan Academy. Este programa fue desarrollado y ejecutado principalmente por la autora como parte de su tesis doctoral, asumiendo la responsabilidad completa de diseñar, planificar y ejecutar las diferentes implementaciones semestre a semestre, así como de analizar los datos y redactar los resultados. Desde el segundo semestre de 2018 hasta el primer semestre de 2020, la autora de esta tesis doctoral actuó como líder principal del proyecto, con el apoyo constante de un docente adicional. En las implementaciones del segundo semestre de 2020 al primer semestre de 2022, la autora actuó como líder principal del proyecto, con el apoyo constante de ocho docentes. A partir del segundo semestre de 2022, se designaron tres líderes: uno para la Facultad de Ciencias Socioeconómicas Empresariales, otro para la Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías, y un tercero para coordinar los grupos de las regionales, responsabilidad que asumió la autora.

Desde el segundo semestre de 2022 hasta la fecha, cada líder de facultad contó con el apoyo de al menos dos docentes, mientras que en las regionales no se asignó apoyo adicional. Todas las actividades se llevaron a cabo bajo la dirección del jefe del Departamento de Ciencias Básicas, quien estuvo a cargo de la asignación del personal docente, la revisión de los informes técnicos solicitados por la Oficina de Autoevaluación y Acreditación Institucional (OACA), así como la socialización de los resultados ante el comité curricular.

Cada semestre se han llevado a cabo de manera constante las siguientes actividades desde el segundo semestre de 2018:

- Diseño, creación y ajuste del entrenamiento en línea PREIN.
- Creación y actualización de la página web del PREIN, que incluye videos instructivos sobre el proceso de ingreso, desarrollo del curso y fechas importantes. La página está disponible en <https://preinuts.es.tl> (creada por un docente de apoyo en el 2021).

Capítulo 2

- Creación de cuentas de correo Gmail por programa académico para el acceso a Khan Academy.
- Creación de clases en Khan Academy desde el perfil de maestro, asegurando que cada grupo de asignatura esté debidamente configurado. Se proporcionan instrucciones detalladas en el siguiente video: <https://youtu.be/ZJ9QzWxLjBc>.
- Descarga y consolidación de bases de datos de estudiantes por grupo desde la plataforma institucional de las UTS.
- Inscripción de estudiantes en Khan Academy utilizando su correo institucional y una clave genérica asignada según su documento de identidad. Más detalles disponibles en: <https://youtu.be/yCWu3g3wyXI>
- Asignación de tareas en Khan Academy para cada corte académico. Las instrucciones se encuentran en: <https://youtu.be/1m2L2PDcitg>.
- Envío de correos informativos a los estudiantes a través de sus correos institucionales.
- Solicitud y gestión de bases de datos detalladas del Departamento de Ciencias básicas, incluyendo información sobre docentes, asignaturas, grupos, horarios y contactos.
- Creación de la base de datos en Excel de los docentes, garantizando que la información esté completa y actualizada.
- Integración de los docentes en la plataforma de comunicación mediante la creación de grupos de WhatsApp para coordinar el entrenamiento. Esto facilita la comunicación efectiva y rápida entre los docentes y el equipo de apoyo del programa PREIN.
- Contacto periódico con los docentes a través de mensajes de texto, correo electrónico institucional y llamadas telefónicas para presentar el curso, agendar visitas y discutir cualquier problema o consulta.

- Visitas a las aulas de clase para capacitación. Se llevaron a cabo visitas en las aulas de clase con el propósito de capacitar tanto a los estudiantes como a los docentes en el uso efectivo de la plataforma Khan Academy.
- Generación de informes preliminares y oficiales para los docentes por grupos específicos, siguiendo las pautas detalladas en https://www.youtube.com/watch?v=3_PIIgDKIU8. A lo largo de cada semestre, se generó un mínimo de tres informes preliminares y tres informes oficiales respectivamente.
- Solicitud y gestión de bases del rendimiento académico: Se llevó a cabo la solicitud y gestión de bases de datos sobre el rendimiento académico de los estudiantes en las asignaturas de Álgebra Superior, Matemática I y Matemática Básica.
- Arreglo de bases de datos del rendimiento académico: Se realizó el arreglo de las bases de datos del rendimiento académico suministradas por las UTS para evaluar el impacto del entrenamiento en línea PREIN en diversas métricas educativas como las tasas de cancelación, aprobación, pérdida y promedio del rendimiento académico. Esta actividad incluyó la organización cuidadosa de la información recopilada para facilitar el análisis comparativo entre diferentes períodos y grupos de estudiantes.
- Elaboración de informe técnico institucional que sirva como referencia en la construcción de indicadores de calidad académica.

Estas actividades se han realizado de manera continua para asegurar el éxito del programa PREIN desde su implementación en las UTS.

2.2.1. Participación en el entrenamiento en línea PREIN

La participación de los estudiantes en el entrenamiento en línea PREIN ha experimentado un crecimiento a lo largo del tiempo, indicando un aumento notable en el interés y la aceptación de plataformas educativas digitales de apoyo al aprendizaje. Según la Tabla 1, se observa una variación destacada en la cantidad de participantes durante los

Capítulo 2

diferentes semestres analizados. El punto más bajo se registró en el segundo semestre de 2018, con 486 estudiantes, mientras que el punto más alto fue alcanzado en el primer semestre de 2023, con un total de 2 867 participantes. Esta amplia gama de cifras subraya una tendencia significativa hacia el crecimiento continuo en la adopción y la participación en este programa educativo a lo largo del período evaluado. El promedio de los porcentajes de avance de los estudiantes (69 %) ha seguido un curso ascendente desde el 47 % en el segundo semestre de 2018 hasta un máximo de 75 % en el primer semestre de 2022 y 2023. Asimismo, el porcentaje de los estudiantes que completaron al menos el 50 % del curso ha aumentado, con valores notables del 81 % en el primer semestre de 2021 y en el primer semestre de 2022. Aunque hubo una disminución temporal en el número de participantes durante el primer y segundo semestre de 2020, posiblemente debido a la pandemia de COVID-19, los datos posteriores muestran una recuperación y un continuo fortalecimiento del entrenamiento en línea PREIN. Desde su primera implementación en el segundo semestre de 2018, el programa ha logrado una participación masiva, acumulando más de 20 000 estudiantes en total. En promedio, alrededor de 1 800 estudiantes se suman a esta iniciativa cada semestre.

Tabla 1

Participación en el entrenamiento en línea PREIN

N.º	Semestre	Participantes	Promedio del porcentaje de avance	Porcentaje de estudiantes que realizaron 50 % o más del entrenamiento PREIN
1	2018-II	486	47 %	43 %
2	2019-I	1 231	59 %	58 %
3	2019-II	1 726	67 %	73 %
4	2020-I	1 727	52 %	54 %
5	2020-II	584	53 %	51 %
6	2021-I	1 443	72 %	81 %
7	2021-II	2 459	72 %	77 %
8	2022-I	2 384	75 %	81 %
9	2022-II	2 758	72 %	79 %
10	2023-I	2 867	75 %	79 %
11	2023-II	2 860	71 %	73 %
TOTAL		20 525	69 %	73 %

Nota. N.º = Número de implementación. Elaboración propia.

2.2.2. Comparación de tasas de rendimiento académico

Según los datos de la Tabla 2, durante el primer semestre de los años 2019 y 2021, el grupo de entrenamiento en línea PREIN registró una tasa mínima de cancelación del 1 % de los estudiantes. En contraste, el grupo de estudiantes que no participaron en el entrenamiento en línea PREIN, denominado en adelante como el grupo NO PREIN, alcanzó una tasa mínima de cancelación del 4 % en el primer semestre de 2019. En términos de aprobación definitiva, durante el segundo semestre del año 2020, el grupo de entrenamiento en línea PREIN mostró una tasa máxima del 97 %. En contraste, el grupo NO PREIN alcanzó una tasa máxima de aprobación definitiva del 60 % en el segundo semestre de 2023. Es importante señalar que ambos grupos mostraron valores atípicos

en las tasas de pérdida, con un 0 %, lo que indica una situación excepcional en cuanto a la retención de estudiantes en medio de las condiciones adversas del COVID-19 durante los semestres de 2020 y el segundo semestre de 2021. Respecto al desempeño académico promedio, el grupo de entrenamiento en línea PREIN alcanzó un valor máximo de 4.3 en el segundo semestre de 2020, mientras que el grupo NO PREIN alcanzó un valor máximo de 4.1 en el mismo semestre. Sin embargo, a partir del segundo semestre de 2022, se observa un cambio en las tasas de cancelación y pérdida para ambos grupos. Por ejemplo, en el segundo semestre de 2023, el grupo de entrenamiento en línea PREIN experimentó un aumento notable en la tasa de cancelación, alcanzando un máximo del 25 %. En el mismo semestre, su contraparte NO PREIN también registró un alza en la tasa de cancelación, llegando al 60 %. Esta variación podría considerarse un valor atípico en comparación con períodos anteriores, sugiriendo la influencia de factores externos o cambios en las condiciones institucionales, lo que podría indicar desafíos en términos de retención estudiantil y éxito académico.

Este análisis, netamente descriptivo, subraya la importancia de examinar detenidamente los factores que podrían estar contribuyendo a estos cambios. Identificar y abordar estos aspectos no solo puede ayudar a mejorar la eficacia del entrenamiento en línea PREIN, sino también a fortalecer el rendimiento académico general y la experiencia estudiantil dentro de la institución.

Tabla 2

Comparación de tasas de rendimiento académico

N.º	S	NE	M	N	C	AD	R	DAP
1	2018-II	2502	PREIN	486	17 %	66 %	17 %	3.3
			NO PREIN	2 016	23 %	49 %	28 %	2.8
2	2019-I	4064	PREIN	1 231	1 %	79 %	20 %	3.3
			NO PREIN	2 833	4 %	59 %	38 %	2.9
3	2019-II	4325	PREIN	1 726	8 %	77 %	15 %	3.6
			NO PREIN	2 599	17 %	53 %	30 %	2.8
4	2020-I	4930	PREIN	1 727	6 %	94 %	0 %	4.1
			NO PREIN	3 203	23 %	77 %	0 %	4.0
5	2020-II	1832	PREIN	584	3 %	97 %	0 %	4.3
			NO PREIN	1 248	27 %	73 %	0 %	4.1
6	2021-I	1776	PREIN	1 443	1 %	91 %	7 %	4.0
			NO PREIN	333	11 %	46 %	44 %	2.3
7	2021-II	3151	PREIN	2 459	7 %	93 %	0 %	4.2
			NO PREIN	692	57 %	43 %	0 %	3.8
8	2022-I	3069	PREIN	2 384	5 %	54 %	41 %	3.1
			NO PREIN	685	22 %	25 %	53 %	1.9
9	2022-II	3785	PREIN	2 758	19 %	66 %	15 %	3.4
			NO PREIN	1 027	55 %	26 %	19 %	2.3
10	2023-I	3843	PREIN	2 867	19 %	66 %	14 %	3.4
			NO PREIN	976	57 %	19 %	23 %	2.0
11	2023-II	4004	PREIN	2 860	25 %	47 %	29 %	2.9
			NO PREIN	1144	60 %	20 %	19 %	2.0

Nota. N.º = Número de implementación. S = Semestre. NE = Número de estudiantes. M = Método. N = Tamaño muestral. C = Cancelan. AD = Aprueban Definitiva [3.0 a 5.0]. R = Reprueban. DAP = Desempeño académico promedio. Elaboración propia.

Capítulo 2

También se analizaron los resultados considerando la variable docente. Para ello, se midió por cada docente el porcentaje de matriculados al curso PREIN, el porcentaje de avance total en PREIN y el porcentaje de estudiantes que aprobaron la asignatura. Se estableció una escala de medición para los porcentajes que permite distinguir cuatro niveles: Bajo (de 0 % a 30 %), Básico (de 31 % a 59 %), Sobresaliente (de 60 % a 79 %) y Excelente (de 80 % a 100 %). Respecto al porcentaje de estudiantes matriculados en el PREIN por docente, la Tabla 3 muestra que los resultados mejoraron considerablemente de la primera a la segunda implementación, así, por ejemplo, en la primera implantación el porcentaje de docentes en el nivel bajo fue 81 % mientras que en la segunda implementación para ese mismo nivel el porcentaje fue del 5 %. Paralelamente, aumentan los docentes con porcentajes de matriculados en PREIN en los tramos sobresaliente y excelente. Aunque en la tercera implementación los resultados del número de matriculados no fueron igual de favorables que en la segunda, se evidencia que comparados con los resultados de la primera implantación sí reflejan mejoras, debido a que semestre a semestre existe variación en la carga docente por diferentes factores.

Tabla 3

Porcentaje de profesorado en cada tramo de la escala, teniendo en cuenta el porcentaje de matriculados en PREIN por docente

Porcentaje de estudiantes matriculados en PREIN	Docentes		
	Primera implementación N=37	Segunda Implementación N=59	Tercera Implementación N=56
Bajo [0 % a 30 %]	81 %	5 %	46 %
Básico [31 % a 59 %]	14 %	41 %	27 %
Sobresaliente [60 % a 79 %]	5 %	37 %	21 %
Excelente [80 % a 100 %]	0 %	17 %	5 %

Nota. Elaboración propia.

En relación con el porcentaje de avance total en el curso PREIN obtenido por los estudiantes de cada docente, durante la primera y segunda implementación se obtuvieron los resultados que recoge la Tabla 4. Estos datos evidencian una disminución del 39 % en el nivel bajo de la segunda implementación comparado con el obtenido en la primera implementación. También se constata que, tras la segunda implementación, aparecen por primera vez docentes cuyo alumnado avanza en los niveles sobresaliente e incluso excelente.

Tabla 4

Porcentaje de profesorado en cada tramo de la escala, teniendo en cuenta el porcentaje de avance en PREIN por docente

Porcentaje de avance de los estudiantes en PREIN	Docentes		
	Primera implementación N=37	Segunda Implementación N=59	Tercera Implementación N=56
Bajo [0 % a 30 %]	81 %	42 %	14 %
Básico [31 % a 59 %]	19 %	42 %	46 %
Sobresaliente [60 % a 79 %]	0 %	14 %	34 %
Excelente [80 % a 100 %]	0 %	2 %	5 %

Nota. Elaboración propia.

Respecto al porcentaje de estudiantes que aprobaron la asignatura por docente, la Tabla 5 registra que de la primera a la tercera implementación hubo un aumento en los niveles sobresaliente y excelente, así como una disminución en los niveles bajo y básico.

Tabla 5

Porcentaje de profesorado en cada tramo de la escala, teniendo en cuenta el porcentaje de aprobación en PREIN por docente

Porcentaje de estudiantes que aprueban la asignatura	Docentes		
	Primera implementación N=37	Segunda Implementación N=59	Tercera Implementación N=56
Bajo [0 % a 30 %]	11 %	5 %	5 %
Básico [31 % a 59 %]	51 %	41%	38 %
Sobresaliente [60 % a 79 %]	24 %	37 %	41 %
Excelente [80 % a 100 %]	14 %	17 %	16 %

Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO 3

Marco teórico

En este capítulo se presentan varias secciones que contextualizan y fundamentan la investigación. Se exploran los presaberes matemáticos y la situación de presaberes matemáticos en Colombia, junto con el autoconcepto matemático y las actitudes hacia las matemáticas. Además, se analiza la integración de las TIC en el contexto educativo y los factores que influyen en su uso. Se examina específicamente la plataforma educativa Khan Academy, sus enfoques de aprendizaje y la importancia de las tareas guiadas. Se proporciona también la fundamentación teórica de la metodología, que incluye el uso de grupos focales y la aplicación de la teoría fundamentada. Cada sección está diseñada para proporcionar una comprensión detallada de los conceptos teóricos y que sustentan este estudio.

3.1. Presaberes matemáticos

Los presaberes matemáticos son esenciales en el contexto de la educación superior, constituyendo el conjunto de conocimientos y habilidades que los estudiantes llevan consigo al ingresar a este nivel educativo. Estos presaberes no solo son la base sobre la cual se construyen nuevos aprendizajes en matemáticas y disciplinas afines, sino que también juegan un papel crucial en el éxito académico y la permanencia estudiantil. Hasan et al. (2020) y Lozano et al. (2019) destacan la creciente preocupación por el fenómeno del bache formativo en los presaberes matemáticos, manifestado en altas tasas

de abandono, repetición, bajo rendimiento académico y deserción estudiantil durante los primeros semestres universitarios. Esta problemática no es exclusiva de un país o región particular, sino que es una preocupación global compartida (Büchele, 2020; Murcia y Henao, 2015; Rodríguez-Muñiz et al., 2020). Precisamente, investigaciones previas reportan múltiples elementos que inciden directamente en las actividades de mejora del creciente problema, como el bagaje de conocimientos previos, el dominio afectivo del alumnado en relación con la matemática (concepciones, actitudes, valores, autoconcepto, etc.), la motivación por parte del profesorado, la formación del profesorado y su estabilidad, la adecuada identificación de las dificultades del alumnado, la nivelación de conocimientos previos o el uso de plataformas web y medidas de eficacia (Beltrán-Pellicer y Godino, 2020; López et al., 2020; Mello-Román y Gómez-Chacón, 2022; Rodríguez-Muñiz y Díaz, 2015; Rueda-Gómez et al., 2023). De hecho, diferentes instituciones de educación superior y universidades han diseñado e implementado ambientes de aprendizaje virtual con módulos interactivos que disponen de recursos, como videos, resúmenes de la teoría, ejercicios de ejemplos resueltos paso a paso, cuestionarios evaluativos, entre otros a fin de nivelar los conocimientos matemáticos previos en los estudiantes de nuevo ingreso. Describimos, a continuación, algunos ejemplos.

En el ámbito iberoamericano, en Hernández et al. (2018), Lozano et al. (2019) y Ramírez (2012), se analiza la creación de material propio, la utilización de recursos tecnológicos, como Moodle o EdX para organizar el ambiente de aprendizaje digital, y la realización voluntaria de un curso por parte de los estudiantes, aunque con diferencias con respecto a la forma en que implementaron la estrategia. Por ejemplo, en la Universidad de Alicante (Lozano et al., 2019) y en la Universidad Católica de Chile (Hernández et al., 2018) optaron por una metodología autodidacta y netamente virtual sin que el docente formara parte del proceso, mientras que en la Universidad Central de Venezuela se optó por sesiones presenciales en una sala de ordenadores con el docente desempeñando el papel de mediador (Ramírez, 2012). Por otro lado, en Lozano et al. (2019) y Ramírez (2012), el diseño se centró en fortalecer conocimientos previos, mientras que en el caso de Hernández et al. (2018) se combinaron presaberes y

contenidos de la asignatura universitaria. Pese a estas diferencias, estas investigaciones concluyen que la realización de un curso online de apoyo al aprendizaje incide positivamente en el desempeño académico de los estudiantes. En el contexto alemán, el estudio realizado por Hasan et al. (2020) en la Universidad de Kassel indica que dentro de las variables de éxito de los cursos nivelatorios está la participación de los estudiantes reflejada en la asistencia y en el desarrollo de las actividades planteadas. Por otro lado, en Estados Unidos, el estudio de Dey (2018) corrobora que la participación en los cursos nivelatorios depende de variables más difícilmente observables, como la motivación y las habilidades previas que tengan los estudiantes. Además, Dey (2018) señala que ignorar estas variables en la implementación del curso puede sesgar el éxito de la estrategia, por lo que sugiere el diseño de políticas de bonificación que animen a los estudiantes a desarrollar el curso. La necesidad de reforzar los presaberes matemáticos de los estudiantes de nuevo ingreso en la educación superior es una preocupación a nivel mundial (Büchele, 2020; Rodríguez-Muñiz et al., 2020). La educación superior afronta desafíos como la diversidad del conocimiento matemático de los estudiantes de nuevo ingreso (Di Martino et al., 2023; Rodríguez-Muñiz et al., 2020), la nivelación de presaberes matemáticos y sus implicaciones directas en las tasas de abandono temprano (Büchele, 2020; López et al., 2020; Rodríguez-Muñiz y Díaz, 2015), o el uso de plataformas web y medidas de eficacia (López et al., 2020; Mello-Román y Gómez-Chacón, 2022; Rueda-Gómez et al., 2023). En particular, en el contexto colombiano, las evaluaciones a gran escala señalan bajos niveles de competencia matemática, lo que provoca altos índices de deserción y repetición en los primeros semestres universitarios (Pardo-Mercado y Orejuela-Albarracín, 2024). Lo anterior evidencia la necesidad que tienen las IES colombianas de fomentar mecanismos que fortalezcan y aseguren los presaberes matemáticos en los estudiantes de nuevo ingreso con el fin de reducir la mortandad académica en las asignaturas del área de matemáticas (Rueda-Gómez y Guzmán-Duque, 2018).

3.1.1. Situación de presaberes matemáticos en Colombia

Desde otro punto de vista, se puede asumir que el camino hacia la equidad parte de ofrecer una educación de calidad sin importar el nivel socioeconómico de los estudiantes y el país de procedencia (Reyes et al., 2016). En el sistema educativo canadiense los resultados en pruebas de medición externas son igualmente favorables para los estudiantes del sistema público y los estudiantes del sistema privado, definiendo claramente oportunidades para la vida (Márquez, 2017). En cambio, en Colombia, según el estrato social de las personas, existe una marcada brecha de desigualdad formativa. Por un lado, los estudiantes de estratos socioeconómicos altos obtienen los mejores desempeños en pruebas estandarizadas externas, y los estudiantes de estratos bajos obtienen resultados desfavorables para la misma prueba (Torres y Buitrago, 2020). De hecho, en los niveles educativos anteriores a la educación superior colombiana, los estudiantes del sistema público son promovidos de grado sin cumplir con las habilidades mínimas de cada nivel, debido a la ley de promoción automática (Pinzón, 2018). Esto genera desánimo de los docentes pues hagan lo que hagan saben que deben aprobar el 95 % de los estudiantes de cada nivel. Por otro lado, existen baches formativos en la fundamentación de los conocimientos previos que el estudiante necesita para poder enfrentar con éxito los siguientes niveles formativos. Lo anterior, es una realidad que deben enfrentar las IES colombianas. En el caso particular de las UTS, la problemática se incrementa debido a que no existe prueba de ingreso, no se exige puntaje mínimo en la prueba de Estado y la mayoría de los estudiantes pertenecen a los estratos socioeconómicos más bajos (Rueda y Serrano, 2019).

3.2. Autoconcepto matemático

El autoconcepto se refiere a la manera en que una persona se percibe a sí misma, lo cual es influenciado por diversos factores cognitivos y socioculturales, así como por la retroalimentación y validación que recibe de su entorno (Malo-Cerrato et al., 2018). En otras palabras, el autoconcepto son creencias formadas a partir de las experiencias vividas a lo largo de la vida. No son solo las experiencias personales las que dan forma a

estas creencias, sino también la retroalimentación recibida y la interpretación con las que esas experiencias se han interiorizado (McLeod, 1992). Como sugiere la investigación teórica, el autoconcepto se construye mediante experiencias vividas, que a su vez son moderadas internamente por emociones como alegría, tristeza, miedo, desagrado, furia, entre otras. Asimismo, las emociones juegan un papel crucial en la formación de actitudes y la personalidad (Rivera y Gómez-Chacón, 2013). El desarrollo del autoconcepto está estrechamente relacionado con las emociones asumidas por el individuo, lo que, a su vez, puede influir en cómo se siente sobre sí mismo y sobre cómo se desempeña en su entorno social y cultural. Por ejemplo, cuando un niño recibe elogios por su desempeño en matemáticas, esa experiencia se almacena como un recuerdo positivo, fortaleciendo así su autoconcepto de competencias en matemáticas.

A medida que los individuos maduran, su autoconcepto tiende a volverse más abstracto y complejo, incorporando múltiples dimensiones de identidad y experiencias personales. Es decir, durante la infancia, las creencias autoconceptuales suelen ser más concretas y orientadas al logro. En la adolescencia y más allá, estas creencias se transforman en reflexiones más amplias sobre valores personales, metas de vida y autopercepciones sobre el yo (Fernández-Lasarte et al., 2019). Un ejemplo de esto es cuando las creencias infantiles se centran en atributos observables y concretos, tales como ser rápido en matemática o destacarse en deportes específicos, por ejemplo, el fútbol. Estas habilidades específicas ayudan a crear una idea inicial del concepto de sí mismo basada en logros obtenidos y capacidades físicas. A medida que los adolescentes avanzan hacia la madurez, sus creencias sobre sí mismos tienden a volverse más complejas (Mercader-Ruiz et al., 2017). Por lo tanto, pueden tener un punto de vista sobre su propia personalidad, como ser empático o analítico, o acerca de su aptitud cognitiva, como buenas habilidades para entender relaciones sociales o competencias para resolver problemas abstractos como problemas matemáticos complejos. Estas percepciones más complejas del autoconcepto sugieren un mayor entrelazamiento de experiencias emocionales y cognitivas durante el desarrollo y crecimiento.

Por tanto, la investigación educativa incluye el autoconcepto como parte de sus objetos de estudio (Ibarra-Aguirre y Jacobo-García, 2016). Numerosas investigaciones han demostrado una fuerte relación entre el autoconcepto académico y algunas variables educativas. Por ejemplo, el estudio de Albert y Dahling (2016) muestra que un autoconcepto académico alto está asociado positivamente al rendimiento académico. Al mismo tiempo, Lone y Lone (2016) sugieren que un autoconcepto académico bajo está relacionado con mayores dificultades de aprendizaje. Por lo tanto, el autoconcepto de los estudiantes puede predecir adecuadamente el rendimiento académico a futuro. Según Hattie (2009), esto significa que los estudiantes usan la percepción de sus habilidades y capacidades académicas actuales para tener un impacto considerable en sus logros educativos. No obstante, son pocos los estudios centrados en incrementar el nivel de desarrollo del autoconcepto académico (Mercader-Ruiz et al., 2017).

Dentro del autoconcepto académico se estructura el autoconcepto matemático, el cual hace referencia a la percepción que tiene cada persona de sí misma respecto a las habilidades matemáticas que posee (Salmi et al., 2015). El autoconcepto matemático juega un rol fundamental en el proceso formativo, así como en las aspiraciones futuras de los estudiantes (Riegle-Crumb et al., 2011). Diversos estudios (Chiu y Klassen, 2010; Marsh et al., 1988; Mullis et al., 2020) muestran que el autoconcepto matemático está positivamente relacionado con el rendimiento académico, reflejándose también una brecha de género a favor de los hombres y una brecha de desarrollo que sugiere que el autoconcepto matemático y científico disminuye a medida que los estudiantes crecen. Además, Ahmed et al. (2012) evidencian la reciprocidad entre el autoconcepto en matemáticas y la ansiedad matemática, es decir, un autoconcepto más alto conduce a una menor ansiedad, que, a su vez, conduce a un mayor autoconcepto. Estos resultados resaltan la importancia crucial del autoconcepto matemático no solo para el desempeño académico, sino también para la autogestión del aprendizaje. Por ejemplo, según Delima y Cahyawati (2021), algunos estudiantes universitarios expresan una percepción desfavorable de sus habilidades matemáticas, mientras que la mayoría experimenta niveles moderados y altos de ansiedad en esta área. Los estudiantes que presentaban un

autoconcepto negativo en matemáticas solían dedicar un esfuerzo adicional para reforzar sus conocimientos de manera autónoma. Este impulso hacia el autoaprendizaje reflejaba su deseo de superar las dificultades y mejorar su desempeño en la materia, a pesar de las percepciones adversas que tenían sobre sus habilidades matemáticas.

3.3. Actitudes hacia las matemáticas

El análisis de las actitudes hacia las matemáticas es relevante dada la dimensión emocional y afectiva del aprendizaje. Las actitudes hacia las matemáticas son influenciadas por diversos aspectos de la experiencia académica de los estudiantes, que van desde la valoración personal, sentimientos, emociones y creencias asociadas a esta disciplina (McLeod, 1992). Investigaciones previas han revelado que los estudiantes con actitudes más positivas hacia las matemáticas no solo perciben mayor utilidad, sino que presentan adicionalmente motivaciones intrínsecas, mejor desarrollo de autoconceptos matemáticos y mayor confianza en el aprendizaje de las matemáticas (Gómez-Chacón, 2009; Perry, 2010). En este contexto, Gómez-Chacón (2010) destaca que los estudiantes con actitudes más positivas exhiben comportamientos de acercamiento más amigables y de interés a esta materia. Sin embargo, es esencial resaltar que no todos los estudiantes mantienen una visión positiva hacia la disciplina, lo cual repercute negativamente en el dominio afectivo y en el autoconcepto matemático, conduciendo a decisiones académicas condicionadas, deserción escolar, bajo rendimiento y sentimientos de repulsión hacia la materia, lo que dificulta el proceso de aprendizaje y desarrollo académico (Rivera y Gómez-Chacón, 2013).

Palacios et al. (2013) crearon la Escala de Actitudes hacia las Matemáticas denominado EAM, por sus siglas en español. La EAM (Palacios et al., 2013) evalúa las actitudes hacia las matemáticas mediante 32 ítems, usando una escala Likert de cinco puntos, de 0 (*Desacuerdo total*) a 4 (*Acuerdo total*). El EAM destaca por ser una herramienta multidimensional (Abal et al., 2018; Karjanto, 2017) que abarca cuatro factores. El factor 1, *Percepción de la incompetencia matemática*, comprende 12 ítems y explica el 43.2 % de la varianza, abordando aspectos relacionados con la incapacidad ante

problemas matemáticos, la confusión en el contexto matemático, la percepción de torpeza ante cuestiones matemáticas y expectativas de poco éxito en este campo. El factor 2, *Gusto por las matemáticas*, está compuesto por 12 ítems y explica el 7.5 % de la varianza, centrándose en aspectos relacionados con el placer de las matemáticas y su estudio, la comodidad ante problemas matemáticos y la percepción de facilidad en su resolución. El factor 3, *Percepción de utilidad de las matemáticas*, incluye cuatro ítems y explica el 4.9 % de la varianza, estos ítems se refieren a la utilidad y necesidad de las matemáticas, tanto a nivel científico como en la vida cotidiana. Finalmente, el factor 4, *Autoconcepto matemático*, comprende cuatro ítems y explica el 4.2 % de la varianza con ítems que abordan la concepción que el estudiante tiene de sí mismo como hábil y capaz en el estudio de las matemáticas.

3.4. Integración de las TIC en el contexto educativo

Casi siempre la mayoría de los docentes han orientado el proceso formativo con escasos medios, tales como pizarra y marcador, tratando de que todos los estudiantes aprendan las mismas cosas al mismo ritmo. Este enfoque, sin embargo, corre el riesgo de generar aburrimiento entre los estudiantes más avanzados, mientras que los estudiantes rezagados pueden perderse y desconectarse (Moreno-Guerrero et al., 2021). En este contexto, el uso de herramientas digitales en el ámbito educativo ha cobrado cada vez mayor fuerza, ya que dinamizan el proceso de enseñanza-aprendizaje, especialmente en el área de las matemáticas (García-Martín y Cantón-Mayo, 2019; Salinas-Ibáñez y De-Benito, 2020). Estas herramientas digitales no solo diversifican los métodos de enseñanza, sino que también permiten una personalización del aprendizaje, lo que es esencial para atender las necesidades individuales de cada estudiante.

La implementación de las TIC fomenta un aprendizaje autónomo y reflexivo en el desarrollo de habilidades matemáticas, lo que a su vez fortalece el autoconcepto de los estudiantes y favorece la construcción de competencias específicas y genéricas en los futuros profesionales (Bartolomé-Pina y Steffens, 2015; Saxena et al., 2016). Al proporcionar a los estudiantes herramientas para autoevaluarse y recibir

retroalimentación instantánea, las TIC ayudan a los estudiantes a identificar sus fortalezas y áreas de mejora, promoviendo un aprendizaje más profundo y significativo.

Durante los últimos años, las TIC han incursionado de forma masiva en el escenario educativo, generando la necesidad de buscar nuevas estrategias que amplíen la creación, adecuación y aplicación de diseños pedagógicos. Así surgen los modelos de aprendizaje mixtos o *blended learning*, los cuales emergen de la necesidad de agregar presencialidad al ya conocido *e-learning* y, a su vez, sumar virtualidad a los modelos pedagógicos tradicionales (Valverde-Berrocoso et al., 2020). Particularmente, el presente estudio se enmarca en el modelo *blended learning* denominado *modelo conductor cara a cara*, en el cual la mayor parte de la formación se lleva a cabo en el aula y los recursos en línea se utilizan como herramienta adicional (Rasheed et al., 2020).

3.4.1. Factores que influyen en el uso de plataformas TIC en educación

En el contexto del uso de plataformas online de apoyo al aprendizaje, se identifican múltiples factores críticos que influyen en el éxito educativo digital. Estos factores se agrupan en categorías clave que han sido ampliamente estudiadas en la literatura.

Los presaberes de los estudiantes emergen como un predictor crucial, según Büchele (2020), Dey (2018), López et al. (2020) y Rodríguez-Muñiz y Díaz (2015), quienes destacan la importancia de la preparación previa antes de interactuar con la plataforma. Asimismo, el dominio afectivo de los estudiantes ha sido profundizado por Beltrán-Pellicer y Godino (2020), Dey (2018), Hung et al. (2019), López et al. (2020) y Rueda-Gómez et al. (2023), subrayando cómo las emociones y actitudes influyen en la participación y el rendimiento en entornos digitales.

En términos de metodología del docente, las estrategias pedagógicas discutidas por Ramírez (2012), Rodríguez-Muñiz y Díaz (2015) y Valverde-Berrocoso et al. (2020) desempeñan un papel crucial en la facilitación de un aprendizaje en línea efectivo. Además, la implementación de recursos como videos y ejercicios ha sido analizada por Fotaris et al. (2016), Hernández et al. (2018), Hung et al. (2019), Lozano et al. (2019), Otto

(2019), Rasheed et al. (2020) y Rueda-Gómez y Guzmán-Duque (2018), destacando su impacto en la mejora del aprendizaje.

El seguimiento del progreso de los estudiantes, crítico según Fotaris et al. (2016), Hung et al. (2019), Radcliffe et al. (2016), Rodríguez-Muñiz y Díaz (2015), Rueda-Gómez y Guzmán-Duque (2018) y Rueda-Gómez et al. (2023), asegura la personalización y retroalimentación continua, optimizando la experiencia educativa online.

La estructura del contenido, evaluada por Hernández et al. (2018), Lozano et al. (2019), Ramírez (2012) y Rodríguez-Muñiz y Díaz (2015), influye en la accesibilidad y organización del material educativo dentro de la plataforma. Además, la motivación extrínseca y el apoyo verbal por parte del docente son esenciales según Dey (2018), Hung et al. (2019), Ramírez (2012) y Rodríguez-Muñiz y Díaz (2015), al fomentar la participación y la autoeficacia de los estudiantes.

Las creencias del docente sobre el aporte de la plataforma, investigadas por Díaz y Rueda (2020), Fotaris et al. (2016), Hung et al. (2019), Rodríguez-Muñiz y Díaz (2015), Rueda-Gómez y Guzmán-Duque (2018) y Rueda-Gómez et al. (2023), modelan la implementación y uso efectivo de la tecnología educativa. Además, la percepción estudiantil sobre la plataforma, analizada por Dey (2018), Hung et al. (2019), Vidergor y Ben-Amram (2020), Rodríguez-Muñiz y Díaz (2015) y Rueda-Gómez y Guzmán-Duque (2018), influye en la aceptación y efectividad del entorno digital de aprendizaje.

La participación de los estudiantes, influenciada por el diseño del programa académico y horarios de clases, ha sido examinada por Dey (2018), Hasan et al. (2020), Hung et al. (2019) y Rodríguez-Muñiz y Díaz (2015), destacando la importancia de la flexibilidad y accesibilidad para promover la interacción activa. El apoyo humano, donde los docentes asignan roles de asistencia entre estudiantes, ha sido considerado por Hung et al. (2019), enfatizando la colaboración y apoyo entre pares como facilitadores del aprendizaje colaborativo.

Finalmente, la capacitación de los docentes, discutida por Ramírez (2012) y Rodríguez-Muñiz y Díaz (2015), emerge como un factor crucial para garantizar la

competencia y efectividad en la implementación de plataformas educativas digitales. En conjunto, estos factores proporcionan un marco integral para comprender la complejidad y los desafíos asociados con la adopción exitosa de plataformas online de apoyo al aprendizaje en contextos educativos contemporáneos.

3.5. El sistema de aprendizaje de Khan Academy

Existen diferentes recursos educativos abiertos que las instituciones pueden incorporar en los procesos formativos (Hung et al., 2019; Ramírez y Vizcarra, 2016) Otto, 2019), como, por ejemplo: *Procomún*, *Curriki*, u *Open Education Europa*. También cabe destacar la plataforma Khan Academy, la cual promueve un aprendizaje personalizado, que permite a los estudiantes avanzar a su propio ritmo en la realización de actividades acompañadas de videos, resúmenes teóricos e interactivos, ejercicios de práctica, y recompensa el buen desempeño con insignias similares a las de un videojuego (Díaz y Rueda 2020; Vidergor y Ben-Amram, 2020). Además, el sitio web de Khan Academy ofrece un software que genera retroalimentación instantánea de las respuestas y el paso a paso de la solución de cada ejercicio (Fotaris et al., 2016). Khan Academy cuenta con un sistema de aprendizaje basado en inteligencia artificial que permite identificar fortalezas y debilidades en el aprendizaje mediante los desafíos de dominio que permiten incrementar o disminuir, por un lado, el desempeño total en un curso y, por otro lado, el nivel de las diferentes habilidades evaluadas (Radcliffe et al., 2016). Una vez que los estudiantes responden a las preguntas sin cometer errores, la plataforma recomienda automáticamente nuevos temas según el nivel y los presaberes dominados hasta el momento, permitiendo así la autorregulación del aprendizaje (Rueda-Gómez y Guzmán-Duque, 2018).

Ciertamente, el enfoque de Khan Academy muestra que el proceso formativo se puede personalizar, y que cada estudiante recibe ayuda individualizada cuando la necesita (Baker, 2016; Cargile y Harkness, 2015). No obstante, los críticos argumentan que los videos y el software de Khan Academy fomentan el aprendizaje mecanicista, poco creativo y carente de la interacción que se da con maestros reales (Multisilta y Niemi,

2019). Cualesquiera que sean los límites de la plataforma, Khan Academy ha demostrado ser extremadamente popular y útil. Con más de cien millones de usuarios en todo el mundo, ha consolidado su posición como un recurso educativo abierto ampliamente adoptado por estudiantes de diversas partes del mundo. Esta impresionante cifra subraya la creciente aceptación y confianza en Khan Academy para abordar desafíos académicos significativos. Es evidente que la plataforma no solo ofrece contenido educativo accesible, sino que también ha demostrado ser efectiva en el apoyo al aprendizaje en áreas difíciles como las matemáticas, las ciencias y mucho más. Su impacto positivo en la educación global se ve reflejado en la forma en que ha facilitado el aprendizaje autodidacta y ha ayudado a millones a mejorar sus habilidades y conocimientos en diversos campos del saber (cuestión aparte, que no se abordará en esta investigación, es si los métodos de evaluación que se plantean en esas materias en la educación superior favorecen o no que se supere la materia mediante un aprendizaje mecanicista).

En particular, Khan Academy está generando que más estudiantes a nivel mundial tengan mayor confianza en sí mismos respecto al dominio de habilidades matemáticas (Light y Pierson, 2014). Asimismo, Khan Academy se ha demostrado como generadora de cambios en las prácticas y creencias educativas de los docentes universitarios (Rueda-Gómez et al., 2024), como promotora de herramientas que apoyan al docente a brindar ayudas específicas que amplían la visión de cómo aprenden los estudiantes (Vidergor y Ben-Amram, 2020), como impulsora de espacios de discusión en el aula que favorecen la interacción y el discurso en la clase de matemáticas (Cevikbaş y Kaiser, 2020), y como favorecedora de la percepción de logro en el aprendizaje matemático diferenciado (Attard y Holmes, 2022). En este sentido, la plataforma ha demostrado ser especialmente efectiva en la promoción de la confianza de los estudiantes en sus habilidades matemáticas al ofrecer un entorno de aprendizaje personalizado que permite a los estudiantes reforzar sus conocimientos a su propio ritmo y recibir retroalimentación inmediata, fortaleciendo así su autoeficacia. Los hallazgos reportan que la plataforma actúa como un complemento valioso a las clases tradicionales, permitiendo a los estudiantes comparar y contrastar

enfoques, y proporcionando una visión global de cómo docentes de diferentes países abordan los conceptos matemáticos (Vidergor y Ben-Amram, 2020).

3.5.1. Enfoques de aprendizaje en Khan Academy

Khan Academy ofrece dos enfoques distintos para el aprendizaje: las tareas guiadas y las metas de dominio. Las tareas guiadas se componen de actividades diseñadas para abordar conceptos específicos, donde los estudiantes deben completar cada tarea correctamente para avanzar. En contraste, las metas de dominio de curso o de unidad, representan objetivos más amplios que los estudiantes pueden lograr al completar paso a paso cada tarea o completar la totalidad de las actividades presentando una prueba de suficiencia denominada prueba de unidad. Este enfoque flexible permite que los estudiantes elijan la ruta que mejor se adapte a su estilo de aprendizaje y ritmo de progreso (He, 2020).

3.5.2. Tareas guiadas

Las tareas guiadas son actividades específicas diseñadas para lograr objetivos educativos o de aprendizaje particulares (Barana et al., 2021). Estas tareas suelen ser planificadas y estructuradas de manera que guíen a los estudiantes hacia el logro de habilidades específicas (Taminiau et al., 2015). En el contexto del uso de recursos de aprendizaje digitales, las tareas guiadas pueden incluir ejercicios interactivos, simuladores digitales, juegos educativos, videos educativos, materiales multimedia, o grupos de colaboración. Así, las tareas guiadas aprovechan la tecnología para proporcionar experiencias de aprendizaje más efectivas y personalizadas, orientando a los estudiantes hacia metas educativas concretas (Hill y Hannafin, 2001). Existen diversos recursos digitales de aprendizaje que emplean tareas guiadas para facilitar la adquisición de conocimientos y habilidades (Chang, 2016; Coman et al., 2020; Ferri et al., 2020; Maatuk et al., 2022), como Prodigy Math Game (Attard y Holmes, 2022), PhET Interactive Simulations (Perkins, 2020) o la mencionada Khan Academy. Esta plataforma ofrece, entre otros recursos, tareas guiadas que pueden ayudar a los estudiantes a enfocarse en

áreas específicas de aprendizaje y a seguir un camino coherente hacia el dominio de los conceptos matemáticos (Cheng et al., 2019).

Las tareas guiadas en Khan Academy son actividades diseñadas para facilitar el logro de objetivos de aprendizaje específicos mediante el uso de recursos digitales interactivos. Se integran al currículum escolar y están meticulosamente estructuradas para dirigir a los estudiantes en áreas fundamentales tales como matemática, ciencia, economía, entre otras. Una de las ventajas destacadas de las tareas guiadas es la capacidad de asignar contenido de cursos disponibles en Khan Academy a grupos de estudiantes o para un estudiante individualmente identificado (Light, 2016). Esto incluye opciones como artículos, desafíos de curso, ejercicios, cuestionarios, pruebas de unidad y videos, permitiendo una personalización efectiva del aprendizaje. Khan Academy también facilita a los educadores el monitoreo del progreso de los estudiantes a través de paneles de control intuitivos. Esto no solo permite adaptar las tareas según las necesidades individuales de aprendizaje, sino que también proporciona una visión clara del rendimiento de cada estudiante en tiempo real (Phillips y Cohen, 2015).

Por ejemplo, los ejercicios interactivos en Khan Academy permiten a los estudiantes resolver problemas matemáticos con distintos grados de dificultad, ajustándose automáticamente al nivel de rendimiento de cada uno (Radcliffe et al., 2016). Si un docente asigna 10 tareas guiadas sobre la resolución de sistemas de dos ecuaciones a toda una clase y observa dos situaciones distintas, puede proceder de la siguiente manera. Por un lado, si un grupo específico de estudiantes muestra dificultades con temas particulares, como la resolución de sistemas de ecuaciones mediante el método gráfico, el docente puede personalizar tareas de refuerzo. Estas tareas adaptadas pueden incluir una combinación de conocimientos previos y saberes de la asignatura, utilizando diversos recursos como artículos, videos, cuestionarios y ejercicios adicionales. Por otro lado, si el docente identifica que otro grupo de estudiantes posee habilidades avanzadas en el tema, puede asignarles tareas de mayor nivel, como, por ejemplo, sobre matrices, acompañadas de contenido más avanzado como videos, artículos complejos y ejercicios de nivel

superior. De esta manera, el docente puede evaluar el progreso individual y garantizar una comprensión más sólida y profunda de los conceptos necesarios para cada estudiante.

Una característica distintiva de las tareas guiadas en Khan Academy, especialmente en ejercicios, cuestionarios, pruebas de unidad y desafíos de curso, es su capacidad para proporcionar retroalimentación inmediata y personalizada (Rueda-Gómez y Guzmán-Duque, 2018). Los estudiantes reciben comentarios detallados sobre sus respuestas, lo que les permite identificar, corregir errores y mejorar continuamente su comprensión de los conceptos (Díaz y Rueda, 2020). En resumen, las tareas guiadas no solo mejoran la accesibilidad y el impacto de los recursos educativos digitales, sino que también fomentan un aprendizaje más activo y autodirigido. Esto se logra al ofrecer a los estudiantes estructuras claras y herramientas interactivas para explorar y dominar conocimientos previos, saberes actuales y conocimientos avanzados permitiéndoles ir a su propio ritmo y según sus necesidades individuales (Coman et al., 2020).

Abordar la diversidad en los presaberes matemáticos y las actitudes hacia las matemáticas en la educación superior requiere un enfoque integral que incorpore estrategias de nivelación, tecnologías educativas efectivas y métodos pedagógicos innovadores. En este sentido, la plataforma Khan Academy emerge como un apoyo que permite personalizar el aprendizaje, adaptándose a las necesidades individuales de los estudiantes mediante su capacidad para identificar y fortalecer tanto las habilidades matemáticas específicas como el autoconcepto matemático (Baker, 2016; Vidergor y Ben-Amram, 2020). La integración de Khan Academy en el aula no solo facilita la nivelación de conocimientos previos, sino que también promueve una mejora en las actitudes hacia las matemáticas al proporcionar un entorno de aprendizaje interactivo y autónomo (Rueda-Gómez et al., 2024).

Asimismo, las tareas guiadas y las metas de dominio ofrecidas por Khan Academy complementan los métodos pedagógicos tradicionales al proporcionar múltiples formas de representación y práctica que refuerzan la comprensión conceptual mediante recursos interactivos (Cheng et al., 2019; Perkins, 2020). Esta combinación de recursos educativos no solo enriquece el proceso de enseñanza-aprendizaje, sino que también contribuye a

mejorar la percepción de logro y la confianza en las habilidades matemáticas entre los estudiantes (Attard y Holmes, 2022).

En resumen, la articulación efectiva entre presaberes matemáticos, autoconcepto matemático, actitudes hacia las matemáticas y el uso de Khan Academy como herramienta educativa de apoyo al aprendizaje puede potenciar significativamente la calidad de la educación superior, fomentando un aprendizaje más inclusivo, personalizado y efectivo para todos los estudiantes (Rueda-Gómez y Guzmán-Duque, 2018; Vidergor y Ben-Amram, 2020).

3.6. Fundamentación teórica de la metodología

En esta sección se presentan los fundamentos teóricos y metodológicos que sustentan la investigación, la cual adopta un enfoque mixto que integra métodos cuantitativos y cualitativos. Los análisis cuantitativos se llevaron a cabo utilizando RStudio versión 4.2.3., y abarcaron una serie de técnicas estadísticas, incluyendo análisis descriptivos, pruebas de fiabilidad, análisis factorial, estudios correlacionales y diseños cuasiexperimentales. Por otra parte, los análisis cualitativos se fundamentaron en la realización de grupos focales y la aplicación de la teoría fundamentada, utilizando para ello el software MAXQDA versión 2022. Adicionalmente, se realizó un estudio cualitativo sobre los presaberes matemáticos de los estudiantes, examinando minuciosamente sus respuestas en las evaluaciones mediante un análisis inductivo, siguiendo el enfoque propuesto por Li (2016). Esta combinación de métodos cuantitativos y cualitativos permite una comprensión más profunda y matizada del fenómeno en estudio, aprovechando las fortalezas de ambos enfoques para obtener una visión más completa y robusta de los datos recolectados.

3.6.1. Enfoque metodológico mixto

El estudio adopta un enfoque metodológico mixto, integrando metodologías cuantitativas y cualitativas para lograr una comprensión integral del fenómeno investigado. Este abordaje se fundamenta en la complementariedad de ambas perspectivas: mientras las metodologías cuantitativas se centran en la medición objetiva

y la generalización de resultados, las cualitativas profundizan en las percepciones, experiencias y significados subyacentes, ofreciendo una visión enriquecida y contextualizada. Como señalan Johnson y Onwuegbuzie (2004), la elección de este enfoque mixto se justifica por tres razones fundamentales:

- **Complementariedad.** La combinación de métodos permite abordar diferentes aspectos del fenómeno desde múltiples perspectivas y niveles de análisis, proporcionando una visión más completa y matizada.
- **Triangulación.** La convergencia de datos provenientes de distintas fuentes y métodos fortalece la validez y fiabilidad de los hallazgos, al corroborar los resultados mediante diversas aproximaciones metodológicas.
- **Integración enriquecedora.** La fusión de diversos tipos de datos y análisis amplía y profundiza la comprensión del objeto de estudio, capturando tanto su extensión como su complejidad intrínseca. Este enfoque mixto permite una exploración multidimensional, superando las limitaciones inherentes a cada metodología por separado y ofreciendo una perspectiva más holística del fenómeno estudiado.

3.6.2. Metodología cuantitativa

En este estudio, la metodología cuantitativa se implementó en varios procedimientos separados. En primer lugar, los análisis descriptivos confirmaron, caracterizaron y resumieron los datos recolectados cuantitativamente, para lo cual se utilizó el método estadístico descriptivo con el objetivo de analizar las formas de distribución, así como medidas de tendencia central y dispersión. Además, los análisis se complementaron con pruebas de fiabilidad, para evaluar la consistencia y estabilidad de los instrumentos de medición utilizados: el coeficiente de fiabilidad de Cronbach fue usado para calcular los ítems relacionados, garantizando la consistencia interna de las escalas de los cuestionarios. Además, se realizaron estudios correlacionales y cuasiexperimentales para explorar relaciones entre variables y analizar efectos causales bajo condiciones controladas. Se argumenta, que los métodos estadísticos cuantificaron el fenómeno de estudio y respaldaron los resultados.

En el estudio correlacional, se aplicaron pruebas de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de las variables, considerando el tamaño muestral y el tipo de variables analizadas (Pedrosa et al., 2015). Debido a la falta de normalidad en las distribuciones, se optó por análisis inferenciales no paramétricos como las pruebas de Kruskal-Wallis, Nemenyi y Mann Whitney.

En el estudio cuasiexperimental, se verificó la homogeneidad de las varianzas utilizando el test de Fligner, tras confirmar la falta de cumplimiento de los supuestos paramétricos con pruebas de Shapiro-Wilk. Una vez establecida la homogeneidad, se procedió con la prueba de Kruskal-Wallis para explorar diferencias en las medianas entre grupos, como sugiere Lee (2022). En caso de encontrar diferencias significativas, se realizaron comparaciones post-hoc ajustando la significatividad mediante la prueba de Mann Whitney para determinar qué grupos difieren entre sí (Lee, 2022).

Adicionalmente, se realizó un Análisis Factorial Confirmatorio (AFC) para validar un modelo teórico predefinido, conforme a los índices principales indicados por Palacios et al. (2013). Sumado a esto se aplicó un AFE para investigar estructuras subyacentes y relaciones entre variables de manera exploratoria, basándose en Orçan (2018). Todos estos análisis se llevaron a cabo utilizando RStudio versión 4.2.3.

3.6.3. Metodología cualitativa

La metodología cualitativa empleada en este estudio utilizó una variedad de técnicas específicas para recopilar y analizar datos. Se utilizaron grupos focales para obtener las percepciones, opiniones y experiencias de los participantes durante las sesiones grupales. La teoría fundamentada se utilizó para desarrollar categorías y teorías emergentes a partir de los datos cualitativos recogidos. Para el análisis cualitativo de la información recogida mediante grupos focales y teoría fundamentada se utilizó la herramienta MAXQDA versión 2022. Además, se aplicó un análisis inductivo que permitió la identificación de patrones y temas directamente de los datos, sin imponer estructuras predeterminadas, lo que facilitó una comprensión profunda del fenómeno estudiado desde una perspectiva cualitativa. La teoría fundamentada se enfoca en crear una teoría

estructurada basada en los datos, mientras que el análisis inductivo se dedica a descubrir patrones y temas que surgen sin buscar desarrollar una teoría específica. Ambos métodos son importantes en la investigación cualitativa, pero tienen objetivos y enfoques distintos en el análisis de los datos.

3.6.3.1. Grupos focales

Los grupos focales son una técnica de investigación cualitativa cuyo propósito es conocer actitudes, creencias, experiencias y reacciones de los participantes respecto a un mismo proceso (Cohen et al., 2000; Reisner et al., 2018; Wilson, 1997). En el grupo focal tiene como eje central el análisis de lo común y también de las diferencias en las opiniones de los participantes (Salcines-Talledo et al., 2022). Una de las ventajas es la interacción entre los integrantes, dado que, al ser considerados semejantes entre sí, genera un ambiente de confianza propicio para promover la autoconfesión (Biggeri et al., 2020). El carácter abierto y no directivo de la conversación ofrece flexibilidad al investigador en educación para explorar nuevos temas no contemplados previamente (Harackiewicz y Priniski, 2018) y, aunque carece de representatividad estadística, el grupo focal ofrece información de alta validez subjetiva (Morgan, 1988).

Por ejemplo, en un estudio realizado en aulas de matemáticas de secundaria en Australia, Attard y Holmes (2022) investigaron cómo los docentes implementan el aprendizaje combinado y cómo este es percibido por sus estudiantes. Se llevaron a cabo grupos focales con estudiantes seleccionados mediante consentimiento previo, utilizando guías para explorar sus opiniones sobre el uso de tecnología en el aprendizaje de las matemáticas. Otro ejemplo es el estudio de García-Holgado et al. (2021), que abordó la persistente brecha de género en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (*Science, Technology, Engineering and Mathematics* o STEM), resaltando la importancia de comprender las motivaciones y decisiones de las mujeres durante sus estudios universitarios. Se llevaron a cabo dos grupos focales con mujeres de América Latina y Europa para explorar sus experiencias y desafíos en estos campos educativos y profesionales clave.

3.6.3.2. Teoría fundamentada

La teoría fundamentada (*Grounded Theory*) utiliza un método inductivo para descubrir teorías, conceptos, hipótesis y proposiciones partiendo directamente de los datos (Glaser y Strauss, 1967; Strauss y Corbin, 1997). Se desarrolla en tres momentos. El primero, *descripción*, consiste en la transcripción de la conversación y permite identificar y ordenar los conceptos clave. La *codificación* puede ser abierta, axial o selectiva. La *codificación abierta* crea un sistema de códigos que contienen las propiedades del concepto clave. La *codificación axial* agrupa los códigos alrededor de ejes o categorías. La *codificación selectiva* permite integrar y redefinir las categorías centrales mediante la relación conceptual y teórica que guardan entre sí. El tercer y último momento de la teoría fundamentada, la *comparación constante*, consiste en el cotejo continuo entre similitudes y diferencias de incidentes identificados en la codificación, con el fin de encontrar patrones para generar modelos explicativos o teorías que interpreten los datos.

Por ejemplo, en el estudio realizado por Weinhandl et al. (2020), se exploró cómo mejorar la enseñanza de las matemáticas utilizando GeoGebra, aplicando métodos de análisis basados en el diseño y la teoría fundamentada. Este estudio subrayó la necesidad de diseñar entornos educativos que faciliten la integración efectiva de enfoques invertidos en la educación matemática. Además, McCall y Edwards (2021) ofrecen nuevas perspectivas sobre la implementación de la teoría fundamentada en la educación en ingeniería. Su investigación reflexiona sobre la evolución de esta teoría y sus principios esenciales, instando a la comunidad educativa en ingeniería a considerar cómo conceptualizar, interpretar e implementar colectivamente esta metodología, proporcionando así un marco teórico sólido para mejorar las prácticas educativas en este campo. Estos ejemplos ilustran cómo la teoría fundamentada no solo facilita la comprensión profunda de los datos recogidos, sino que también permite generar teorías explicativas que pueden transformar significativamente la práctica educativa en diversas disciplinas académicas.

3.6.3.3. Análisis inductivo

Se utilizó el análisis inductivo para evaluar las respuestas de los estudiantes (Li, 2016). Este enfoque implica una revisión exhaustiva de las respuestas sin preconcepciones ni categorías, lo que facilita una comprensión más profunda y auténtica de los presaberes matemáticos. El enfoque cualitativo inductivo se basa en el desarrollo de teorías emergentes a partir de los datos recopilados, en lugar de utilizar teorías preexistentes. El proceso reiterativo permite a los investigadores identificar patrones, temas y categorías directamente desde los datos, lo que da como resultado un análisis más preciso y completo de las experiencias de los estudiantes (Fleming y Zegwaard, 2018).

Una de las principales ventajas de este enfoque es que permite captar la complejidad y riqueza del fenómeno estudiado, al no estar restringido por hipótesis iniciales o marcos teóricos rígidos. Según Azungah (2018), la metodología inductiva es especialmente útil en contextos educativos, ya que permite explorar cómo los estudiantes construyen conocimiento y significado a partir de sus experiencias. Además, Braun y Clarke (2006) destacan que este enfoque facilita la identificación de temas latentes y manifiestos en los datos, lo cual es crucial para desarrollar una comprensión integral de los conocimientos previos en matemáticas de los estudiantes.

Las respuestas de los estudiantes en las evaluaciones fueron analizadas y luego clasificadas en categorías específicas. Las categorías se derivaron directamente de los datos y se ilustran con ejemplos concretos que reflejan los conocimientos previos de los estudiantes de nuevo ingreso a la educación superior y el impacto de las plataformas en línea en el aprendizaje matemático. Este método no sólo permite categorizar las respuestas, sino que también proporciona información sobre las dinámicas y contextos que influyen en el aprendizaje matemático de los estudiantes

CAPÍTULO 4

Rendimiento y autoconcepto matemático en universitarios que emplean Khan Academy

Este capítulo tiene como objetivo medir las relaciones entre autoconcepto matemático, avance en el entrenamiento en línea PREIN y rendimiento académico en la práctica matemática de estudiantes universitarios de nuevo ingreso. Se analizaron los datos de una muestra de 906 estudiantes distribuidos en cuatro cohortes, utilizando métodos cuantitativos correlacionales e inferenciales. Los resultados indican que el rendimiento académico de los estudiantes está influenciado por varios factores, incluido el autoconcepto matemático, el progreso en el entrenamiento en línea PREIN y factores socioeconómicos como condición de becario, el nivel educativo de los padres y el acceso a dispositivos tecnológicos en el hogar. Los estudiantes que tienen estos dispositivos pueden superar la brecha tecnológica en el rendimiento académico. Se concluye la necesidad de investigar el rol del profesorado y de la metodología que acompaña el aprendizaje mediante estas herramientas tecnológicas. Además, se discuten las implicaciones y las direcciones para futuras investigaciones en este campo.

4.1. Metodología

Este estudio adopta un enfoque metodológico cuantitativo de tipo descriptivo y correlacional. A continuación, se especifican los participantes de la muestra, los instrumentos para la recolección de datos y las técnicas empleadas para analizar los datos.

4.1.1. Población y muestra

La población de referencia para este estudio estaba formada por los 15 828 estudiantes de nuevo ingreso en las UTS, entre el segundo semestre de 2018 y el primer semestre de 2020, pertenecientes a los programas académicos de la Facultad de Ciencias Socioeconómicas Empresariales y la Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías. A todos ellos se les invitó a realizar el entrenamiento en línea PREIN en la etapa de admisión previa al proceso de matrícula, y se inscribieron un total de 6 644. Se descartaron 1 474 estudiantes que no llegaban a un avance mínimo del 10 % en completar las tareas del entrenamiento en línea PREIN, puesto que se consideró que ello implicaba una participación nula o escasa en el entrenamiento. A continuación, de los 5 170 restantes, se consideraron aquellos para los cuales se contaba con información sobre su rendimiento académico y autoconcepto matemático. De esta comprobación resultó una muestra final de 906 estudiantes. La reducción en el número de participantes se debió a que no todos los estudiantes decidieron responder la encuesta sobre autoconcepto matemático.

4.1.2. Recogida y análisis de datos

La recogida de datos se hizo mediante información generada por la plataforma Khan Academy (avance en el entrenamiento en línea PREIN desde el segundo semestre de 2018 al primer semestre de 2020), la base de datos documental del rendimiento académico de las asignaturas del área de matemática suministrada por la plataforma institucional de las UTS, y un cuestionario online (véase el Apéndice A). El principal objetivo del cuestionario online era recopilar información general sobre los antecedentes sociales, acceso y uso de los medios tecnológicos y las percepciones que tenían los estudiantes sobre sí mismos respecto a las habilidades matemáticas. El cuestionario constaba de tres partes diferenciadas:

- 1) La primera parte consistía en cuatro preguntas sobre datos generales: documento de identidad, estrato socioeconómico, nivel de estudios de los padres y condición de becario.
- 2) La segunda parte incluía seis preguntas sobre exposición y uso de dispositivos tecnológicos en el hogar, número de megas de velocidad de Internet en el hogar y uso que sus padres dan a Internet.
- 3) La tercera parte constaba de seis preguntas que medían el autoconcepto matemático de los participantes tomando como referencia las preguntas del cuestionario aplicado al alumnado en TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*) 2019 relacionadas con el gusto por aprender matemáticas, la confianza del alumnado en matemáticas y la claridad de la enseñanza (Mullis et al., 2020).

Para cada ítem sobre el autoconcepto matemático se utilizó una escala Likert de cinco puntos, desde (1) *Totalmente en desacuerdo* hasta (5) *Totalmente de acuerdo*. El cuestionario se diseñó en Google Forms, se aplicó a la muestra de estudio y se administró vía correo electrónico durante los semestres académicos del 2018 al 2020.

El análisis de los datos se realizó con el software RStudio versión 4.2.3. En primer lugar, se efectuó un análisis descriptivo de los datos del cuestionario y se midió el coeficiente de fiabilidad de Cronbach para los ítems relacionados con el autoconcepto matemático, el cual fue de 0.712. Los análisis propios del estudio TIMSS también avalan la validez de estos ítems. Durante el proceso de administración, no aparecieron problemas relacionados con la comprensión de los ítems ni otras dificultades relacionadas con el contenido del cuestionario. Para la medición de los resultados de avance en el entrenamiento en línea PREIN se utilizó la escala cuantitativa de 10 % a 100 % discretizada en tres segmentos cualitativos de avance: bajo [de 10 % a 30 %], básico [de 31 % a 59 %], sobresaliente [de 60 % a 79 %] y excelente [de 80 % a 100 %]. Se seleccionó esta escala puesto que los resultados de investigación de Phillips y Cohen (2015) evidencian que los estudiantes que completan un 60 % o más en el dominio de los cursos

de matemáticas correspondientes a su nivel de escolaridad en Khan Academy incrementaron 1.8 veces sus resultados esperados en matemáticas respecto a la prueba estandarizada de medición externa MAP Growth. Para el rendimiento académico se utilizó la escala de medición colombiana de 0 a 5 puntos, con nota aprobatoria mínima de 3. En segundo lugar, teniendo en cuenta el tamaño muestral y el tipo de variables, se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (Pedrosa et al., 2015), cuyo resultado mostró que ninguna de las variables de estudio se podía suponer con distribución normal. Por tanto, se utilizaron las pruebas de Kruskal-Wallis, Nemenyi y Mann Whitney para realizar los análisis inferenciales no paramétricos (Elliott y Hynan, 2011).

4.2. Resultados

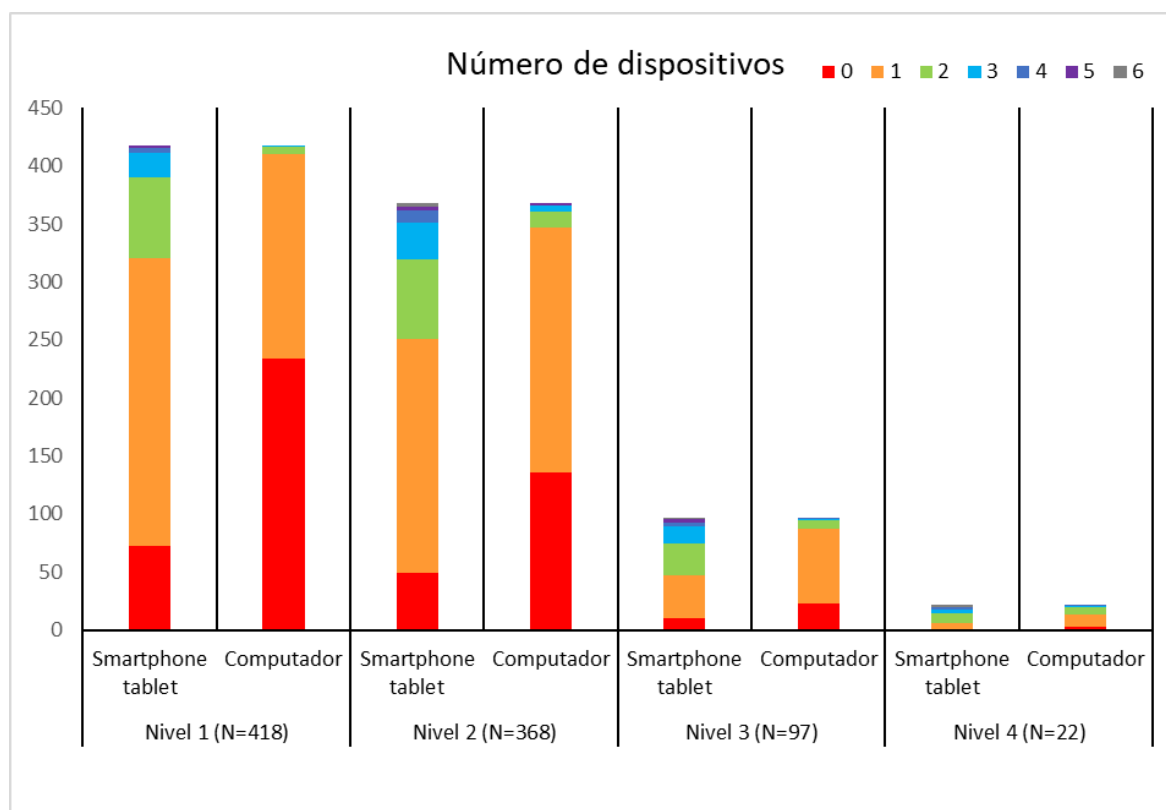
A continuación, se presentan los resultados organizados en diferentes subsecciones para mejorar su comprensión y análisis. Primero, se describe el perfil sociotecnológico de los participantes, ofreciendo una visión general de sus características demográficas y tecnológicas. Luego, se analiza el autoconcepto matemático de los participantes, seguido de un estudio sobre su rendimiento académico. Finalmente, se examinan las relaciones entre las diversas variables investigadas.

4.2.1. Perfil sociotecnológico de los participantes

Los estratos socioeconómicos en Colombia se clasifican del 1 al 6, del nivel inferior al superior. Los resultados del estudio indican que el 86.76 % de los estudiantes de la muestra pertenece a los niveles socioeconómicos más bajos (46.14 % del nivel 1 y 40.62 % en el nivel 2), mientras que el 10.71 % pertenece al nivel 3 y solo el 2.54 % pertenece a los niveles socioeconómicos altos (2.43 % del nivel 4, ninguno del nivel 5 y 0.11 % del nivel 6, es decir, un solo alumno). La distribución del nivel socioeconómico se refleja obviamente en la tecnología disponible en el hogar. En la Figura 4 se muestra la distribución del número de dispositivos disponibles en el hogar según el nivel socioeconómico (los estratos 5 y 6 se omitieron del gráfico para ganar claridad y por su falta de representatividad).

Figura 4

Tecnología disponible en el hogar según el nivel socioeconómico



Nota. Elaboración propia.

Más de la mitad (59.59 %) de los estudiantes recibieron becas completas para cubrir sus gastos educativos. La mayoría (83.22 %) de los estudiantes informó que sus padres alcanzaron un nivel educativo básico o moderado y el 40.84 % informó que sus padres nunca o casi nunca utilizaron Internet. Más de dos tercios de los estudiantes reportaron un uso básico e intermedio de Internet, y las velocidades de conexión en el hogar generalmente oscilaron entre uno y cinco megas (61.26 %), aunque el 8.9 % dijo no tener servicios de Internet en casa.

4.2.2. Autoconcepto matemático

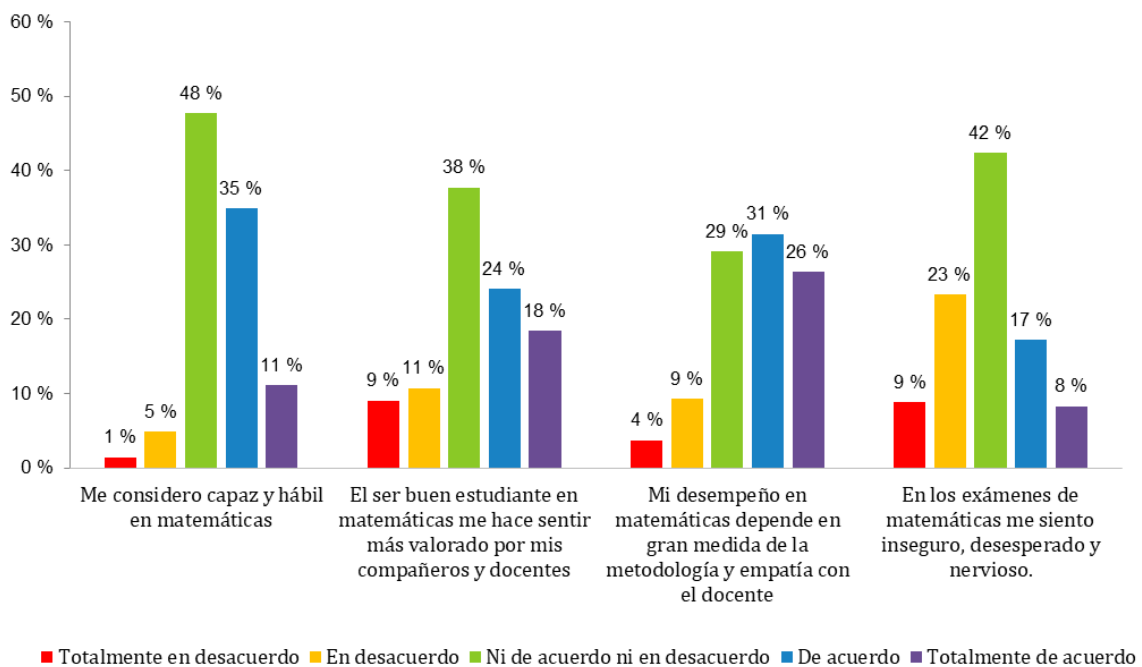
La Figura 5 muestra que el 54 % de los estudiantes indicó estar totalmente en desacuerdo, en desacuerdo o ni de acuerdo ni en desacuerdo con la afirmación *Me*

Capítulo 4

considero capaz y hábil en matemáticas. Así mismo, el 42 % manifestó estar de acuerdo o totalmente de acuerdo con el ítem *El ser buen estudiante en matemáticas me hace sentir más valorado por mis compañeros y docentes.* El 57 % señaló estar de acuerdo o totalmente de acuerdo con la afirmación *Mi desempeño en matemáticas depende en gran medida de la metodología y empatía con el docente.* Así mismo, los datos evidencian que el 25 % de los estudiantes indicó estar de acuerdo o totalmente de acuerdo con el ítem *En los exámenes de matemáticas me siento inseguro, desesperado y nervioso.*

Figura 5

Apreciaciones de los participantes sobre el autoconcepto matemático

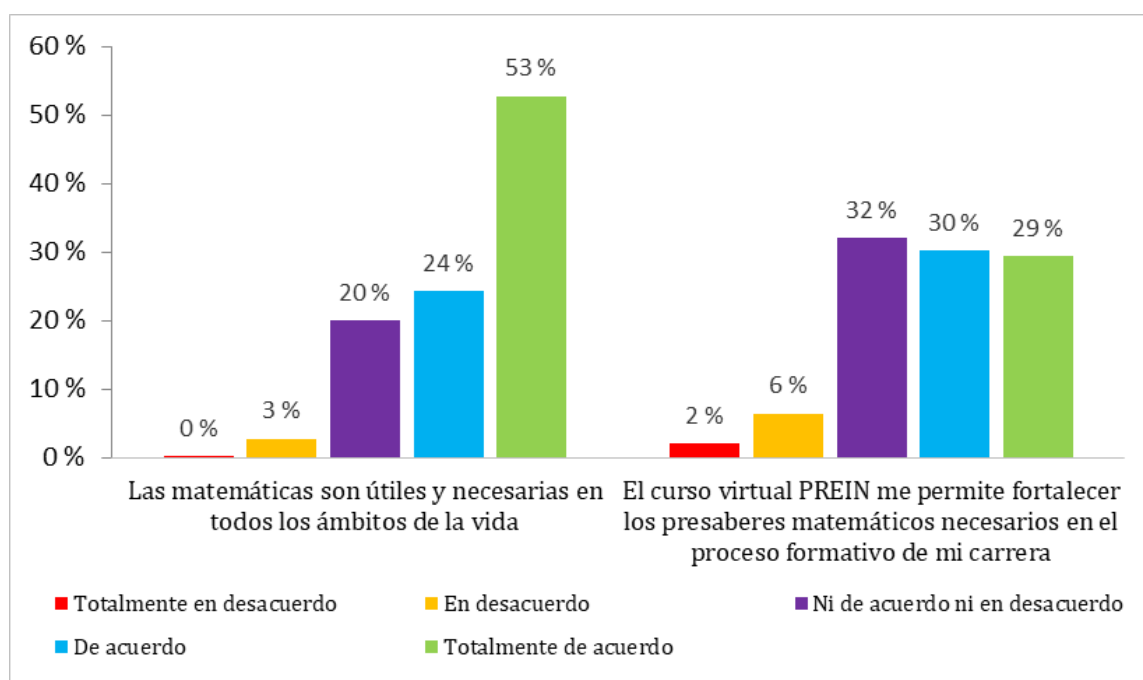


Nota. Elaboración propia.

La Figura 6 muestra que el 77 % de los estudiantes consideró estar de acuerdo o totalmente de acuerdo con el ítem *Las matemáticas son útiles y necesarias en todos los ámbitos de la vida,* a la vez que el 59 % de los participantes indicó estar de acuerdo o totalmente de acuerdo con la afirmación *El curso virtual PREIN me permite fortalecer los presaberes matemáticos necesarios en el proceso formativo de mi carrera.*

Figura 6

Percepciones de los estudiantes sobre las matemáticas y la formación online



Nota. Elaboración propia.

4.2.3. Rendimiento académico

Las puntuaciones promedio del rendimiento académico de los participantes en las asignaturas del área de matemáticas presentaron valores superiores a la nota mínima aprobatoria de 3.0 en todos los semestres y una tendencia creciente en el transcurso del tiempo (3.34 en el segundo semestre de 2018, 3.53 en el primer semestre de 2019, 3.64 en el segundo semestre de 2019 y 4.30 en el primer semestre de 2020).

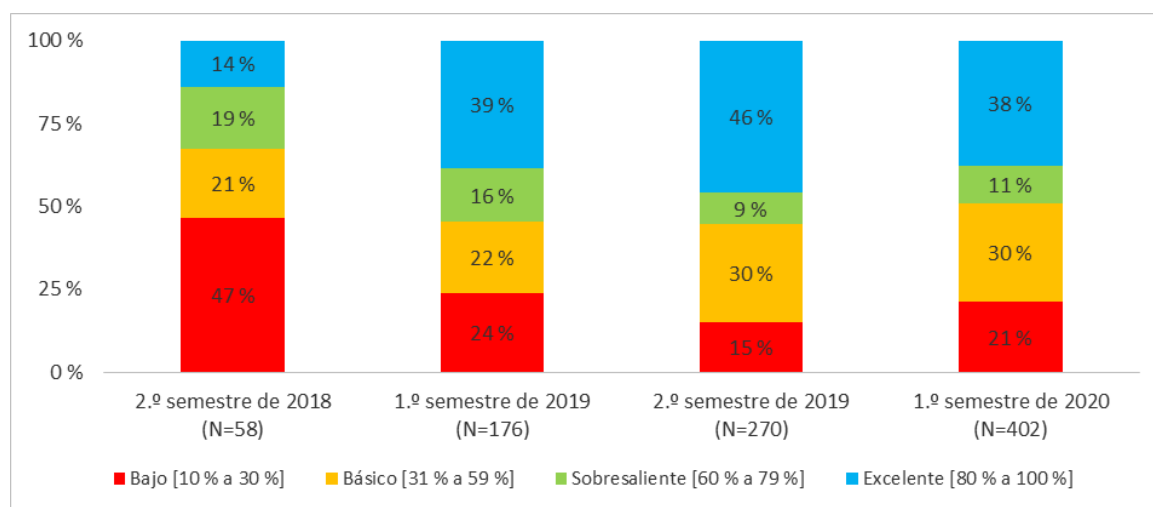
La Figura 7 muestra el porcentaje de participantes en cada tramo de la escala, teniendo en cuenta el porcentaje de avance en el entrenamiento en línea PREIN. Los datos muestran que los resultados mejoraron considerablemente de la primera a la segunda implementación. Así, por ejemplo, en la primera implementación el porcentaje de participantes en el nivel bajo fue del 46.6 % mientras que en la segunda implementación para ese mismo nivel el porcentaje fue del 23.9 %. El porcentaje de participantes en los

Capítulo 4

tramos sobresaliente y excelente aumentó en el primer y segundo semestre del 2019. Aunque en el primer semestre de 2020, para esos mismos niveles, se presentó una leve disminución, sí se detectaron mejoras en comparación con los resultados de la primera implementación desarrollada en el segundo semestre de 2018.

Figura 7

Evolución del porcentaje de participantes en cada tramo de la escala, teniendo en cuenta el porcentaje de avance en el entrenamiento en línea PREIN



Nota. Elaboración propia.

4.2.4. Relaciones entre variables

Los resultados de los test de Mann Whitney dos a dos, al nivel de significación del 5 %, muestran que el rendimiento académico difiere significativamente entre los grupos de porcentaje de avance en el entrenamiento en línea PREIN, es decir, el rendimiento académico de los estudiantes que obtuvieron un avance superior al 60 % en el entrenamiento en línea PREIN fue mayor comparado con el rendimiento académico de los estudiantes que obtuvieron un avance menor al 60 % (valor $p = 0.003$ en el test de Mann Whitney).

Los resultados del test de Nemenyi al nivel de significación del 5 % revelan diferencias estadísticamente significativas entre el rendimiento académico y el

autoconcepto matemático de los estudiantes (véase la Tabla 6). Al analizar las puntuaciones medianas y medias de los grupos de respuesta del ítem *Me considero capaz y hábil en matemáticas* se observa un comportamiento creciente, esto es, que los estudiantes que otorgaron puntuaciones altas a su autoconcepto matemático en relación con este ítem son los que obtuvieron mejor rendimiento académico. Igualmente, los grupos de respuesta de la variable *El ser buen estudiante en matemáticas me hace sentir más valorado por mis compañeros y docentes* evidencian diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento académico de los estudiantes. Los estudiantes que consideraron que un buen desempeño en matemáticas les hacía sentirse más valorados en el aula fueron los que mejores resultados académicos alcanzaron. También se hallaron diferencias significativas entre el rendimiento académico de los estudiantes que otorgaron calificaciones bajas a su autoconcepto matemático en relación con el ítem *En los exámenes de matemáticas me siento inseguro, desesperado y nervioso* comparado con los que otorgaron calificaciones altas, a favor de los segundos. Las puntuaciones medianas y medias de los diferentes grupos de respuesta presentan una tendencia decreciente, es decir, un menor grado de ansiedad se asoció a niveles de rendimiento académico superiores (véase la Tabla 6).

Del mismo modo, al analizar la relación entre el rendimiento académico y el nivel de acuerdo con *Las matemáticas son útiles y necesarias en todos los ámbitos de la vida*, se detecta que el rendimiento académico del grupo de estudiantes que otorgó la calificación más alta a este ítem (5 = *Totalmente de acuerdo*) difiere significativamente de los demás grupos de respuestas. Las puntuaciones medianas y medias de los diferentes grupos reflejan una tendencia creciente, es decir, que la puntuación más alta de la percepción matemática está asociada a niveles superiores del rendimiento académico (véase la Tabla 7).

Tabla 6

Pruebas post-hoc de Nemenyi para rendimiento académico y autoconcepto matemático

Ítem	Escala	Promedio del rendimiento académico	Mediana del rendimiento académico
Me considero capaz y hábil en matemáticas	1	3.24 ^a	3.23 ^a
	2	3.47 ^a	3.35 ^a
	3	3.75 ^a	3.80 ^a
	4	4.09 ^b	4.24 ^b
	5	4.15 ^c	4.50 ^c
El ser buen estudiante en matemáticas me hace sentir más valorado por mis compañeros y docentes	1	3.91 ^d	4.00 ^d
	2	3.79 ^{de}	3.90 ^{de}
	3	3.82 ^{df}	3.90 ^{df}
	4	3.94 ^{dg}	4.10 ^g
	5	4.03 ^g	4.30 ^g
En los exámenes de matemáticas me siento inseguro, desesperado y nervioso	1	4.08 ^h	4.50 ^h
	2	4.03 ^{hi}	4.20 ^{hi}
	3	3.86 ^j	3.90 ^j
	4	3.85 ^{ik}	3.90 ^{ik}
	5	3.59 ^l	3.60 ^l

Nota. Letras diferentes representan diferencias significativas. Elaboración propia.

Tabla 7

Pruebas post-hoc de Nemenyi para rendimiento académico y utilidad de las matemáticas

Ítem	Escala	Promedio del rendimiento académico	Mediana del rendimiento académico
Las matemáticas son útiles y necesarias en todos los ámbitos de la vida	1	3.40 ^a	3.40 ^a
	2	3.51 ^a	3.60 ^a
	3	3.80 ^a	3.80 ^a
	4	3.83 ^a	3.90 ^a
	5	3.98 ^b	4.17 ^b

Nota. Letras diferentes representan diferencias significativas. Elaboración propia.

También se detectan diferencias estadísticamente significativas entre el rendimiento académico y algunas de las variables sociotecnológicas consideradas. Así, el test de Nemenyi muestra que el rendimiento académico de los estudiantes que no reciben beca difiere de los que son beneficiarios del 100 % de los costos educativos. Las puntuaciones medianas y medias de los diferentes grupos reflejan una tendencia creciente, lo que significa que los estudiantes que obtienen ayuda económica en el pago total de sus estudios obtienen niveles más altos en su rendimiento académico en comparación con los más desfavorecidos que no reciben ninguna beca (véase la Tabla 8).

La prueba de Mann Whitney indicó que el rendimiento académico también difería entre los grupos de respuesta en relación con el nivel educativo de los padres (valor $p = 0.008$). Los niveles más altos de rendimiento de los padres se asociaron con un mayor rendimiento académico en matemáticas de sus hijos. En cuanto a la tecnología, el rendimiento también difirió entre los grupos en cuanto al número de smartphones o tabletas (valor $p = 0.003$ en el test de Mann Whitney): los estudiantes que tuvieron acceso a más dispositivos en casa (entre 4 y 6) obtuvieron mejores resultados académicos rendimiento que los estudiantes que tuvieron acceso a menos dispositivos (entre 0 y 3). Finalmente, los datos mostraron que el rendimiento académico de los estudiantes que no tenían computadora en casa era peor que el de los estudiantes que tenían una o más

Capítulo 4

computadoras en casa (valor $p = 0.004$ en la prueba de Mann Whitney). La Tabla 9 muestra la mediana del rendimiento académico de los diferentes grupos.

Tabla 8

Pruebas post-hoc de Nemenyi para rendimiento académico y condición de becario

Ítem	Respuesta	Promedio del rendimiento académico	Mediana del rendimiento académico
Condición de becario	No	3.78 ^a	3.90 ^a
	Sí, la beca cubre el 50 % de los gastos de estudio	3.87 ^{ab}	4.00 ^{ab}
	Sí, la beca cubre el 100 % de los gastos de estudio	3.96 ^b	4.10 ^b

Nota. Letras diferentes representan diferencias significativas. Elaboración propia.

Tabla 9

Mediana de rendimiento académico en función de algunos ítems

Ítem	Escala	Promedio del rendimiento académico
Nivel educativo de los padres.	Básico y medio	4.00
	Superior y Universitario	4.20
#Smartphones y tabletas	[0-3]	4.00
	[4-6]	4.30
#Computadores	0	4.00
	[1-6]	4.31

Nota. Elaboración propia.

El test de Mann Whitney indica (valor $p = 0.022$) que el porcentaje de avance en el entrenamiento en línea PREIN difiere significativamente cuando se tienen en cuenta las respuestas al ítem *El ser buen estudiante en matemáticas me hace sentir más valorado por mis compañeros y docentes*, encontrándose que los estudiantes que desarrollan al menos

el 80 % del entrenamiento en línea son los que consideraron que un desempeño alto en matemáticas les hacía sentir más importantes ante la clase. Recíprocamente, el test de Mann Whitney (valor $p = 0.001$) muestra que los participantes que otorgaron la puntuación más alta (5 = *Totalmente de acuerdo*) al ítem *El ser buen estudiante en matemáticas me hace sentir más valorado por mis compañeros y docentes* mostraron una diferencia estadísticamente significativa en el porcentaje de avance del entrenamiento en línea PREIN, es decir, no solo un mayor avance implica un mayor autoconcepto, sino que un mayor autoconcepto también implica un mayor avance.

Por otro lado, el test de Kruskal-Wallis (valor $p = 0.017$) pone de manifiesto que los estudiantes de estratos socioeconómicos 1, 2 y 3 son los que menos capaces se sienten respecto a sus destrezas matemáticas, comparados con los estudiantes de estratos más altos que siempre o casi siempre se sienten seguros en sus habilidades matemáticas. Además, los estudiantes que tienen acceso en sus hogares a smartphones y tabletas se sienten más capaces y hábiles en matemáticas comparados con los que no cuentan con estos dispositivos tecnológicos (valor $p = 0.001$ en la prueba de Kruskal-Wallis).

Finalmente, las pruebas de Kruskal-Wallis, Nemenyi y Mann Whitney no reflejaron otras diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de respuesta analizados para cada una de las variables de estudio en términos de rendimiento académico y autoconcepto matemático (con valores p superiores a 0.5). En particular, no se encontraron diferencias entre el rendimiento académico y el nivel socioeconómico.

4.3. Discusión

Los datos sociodemográficos ofrecen una radiografía clara del perfil del estudiantado de las UTS: procedente mayoritariamente de estratos socioeconómicos bajos y familias con desempeño académico bajo, dependientes de becas y subsidios para mantenerse en la educación superior. Todos estos datos son señalados en la literatura relevante como factores que favorecen el abandono académico (Büchele, 2020; Murcia y Henao, 2015; Rodríguez-Muñiz et al., 2020). Si, además, consideramos los escasos recursos tecnológicos de los que dispone el estudiantado y su acceso a Internet limitado

en capacidad y mayoritariamente a través de smartphones, podemos tener una imagen clara de la dificultad del contexto.

Sin embargo, pese a las diferentes dificultades que enfrentan los estudiantes de las UTS, se evidencia una mejora progresiva del rendimiento académico a través del tiempo, asociada a diferentes factores, entre los cuales destaca el entrenamiento en línea PREIN. Si bien PREIN no es el único factor que puede haber incidido, se constata una mejora en el rendimiento académico paralela al incremento de participantes tanto en número como en porcentaje de avance en el entrenamiento en línea PREIN.

Los resultados de este estudio corroboran la relación directa entre el autoconcepto matemático y el rendimiento académico de los estudiantes (Chiu y Klassen, 2010; Marsh et al., 2018). Sin embargo, no se encontró relación entre el rendimiento académico y la afirmación *Mi desempeño en matemáticas depende en gran medida de la metodología y empatía con el docente*, a pesar de que la literatura señala que el profesorado es una de las variables con mayor implicación sobre el rendimiento académico de los estudiantes (Hattie, 2009). Esta discrepancia puede ser debida a que las investigaciones que argumentan una relación directa entre estas variables de estudio se enfocan en la observación de la metodología docente en el aula de clase y no en la percepción de los estudiantes. También puede ser debido a que la condición de becario demanda del estudiantado requisitos mínimos en el rendimiento académico para mantener la beca, aunque Castillo y Duran (2015) reportan que las tasas de estudiantes que quedaban fuera de la institución en el primer semestre académico, para ese tiempo, eran indiferentes de la condición de becario.

Los datos corroboran que el rendimiento académico de los estudiantes que logran un avance mínimo del 60 % en el entrenamiento en línea PREIN destaca significativamente de los que no logran alcanzar este porcentaje, lo que es coherente con Phillips y Cohen (2015). Es de resaltar que el anterior resultado se da aún cuando el entrenamiento en línea PREIN es independiente de la metodología implementada por los diferentes docentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las asignaturas del área de matemáticas, dado que la implementación del entrenamiento la realiza un grupo de

docentes externos a la clase, los cuales se encargan de reportar mensualmente a los docentes el avance de sus estudiantes y de toda la parte técnica que conlleva el funcionamiento del entrenamiento. Dentro de las diferentes actividades realizadas por el equipo de trabajo PREIN se destaca la capacitación al profesorado respecto al uso e implementación de Khan Academy en el aula, pero el principal problema que se ha detectado es que semestre a semestre surgen cambios drásticos en la asignación de docentes a las asignaturas del área de matemáticas de primer semestre.

Los resultados de estudio contribuyen a la escasa investigación respecto a los factores que favorecen el incremento del autoconcepto matemático. Así, se pone de manifiesto que existe una relación directa entre el entrenamiento en línea PREIN y *El ser buen estudiante en matemáticas me hace sentir más valorado por mis compañeros y docentes* lo que quiere decir, por una parte, que en la medida que el estudiante logra avanzar el 80 % o más en la realización del entrenamiento, crece la certeza de sentirse un buen estudiante en matemáticas y, por ende, sentirse valorado por sus compañeros y docentes. Este sentimiento de reconocimiento es importante para el fortalecimiento del autoconcepto matemático del estudiante que se ve reflejado a su vez en el rendimiento académico (Chiu y Klassen, 2010). Para el estudiante es importante el estatus y el aprecio que tanto compañeros como docentes muestran cuando les va bien en matemáticas y el fortalecimiento del aprendizaje en un ambiente más autónomo les hace sentir mejores estudiantes en matemáticas, lo que se refleja en un rendimiento académico más alto.

Al contrario que en Light y Pierson (2014), en esta investigación no se encontró evidencia de que el avance en el trabajo autónomo con PREIN a través de Khan Academy contribuya a disminuir los niveles de estrés y nerviosismo a la hora de presentar exámenes en el área de matemáticas.

Se encontraron otros factores que influyen en el rendimiento académico, aunque no se determinó influencia significativa de factores que la literatura vincula al rendimiento, como es el caso del estrato socioeconómico (Ye et al., 2021). A nuestro juicio, esta discrepancia puede tener su explicación en el efecto compensador de las becas, dado el gran porcentaje de estudiantes de las UTS que disfrutaban de algún tipo de apoyo

económico (Omeje y Abugu, 2015). A pesar de la falta de relación explícita, implícitamente el estrato socioeconómico está afectando al rendimiento académico, puesto que aparece relacionado con otros factores relevantes. Así, se detecta una relación entre el estrato socioeconómico y el acceso a dispositivos tecnológicos como smartphones y tabletas, lo que resalta la importancia de tener un entorno socioeconómico favorable y un acceso a la tecnología en condiciones suficientes para asegurar el aprendizaje de los estudiantes (Torres-Díaz et al., 2016). Los estudiantes pertenecientes a los estratos más bajos se sienten menos capaces en las habilidades matemáticas en comparación con los estudiantes que provienen de estratos más altos y esto está influyendo en el desempeño académico de las asignaturas del área de matemáticas de los estudiantes de nuevo ingreso (Li et al., 2021).

El nivel de uso de Internet y la cantidad de megas con los que cuenta el estudiante en su hogar no ha sido una limitación en el rendimiento académico, pero sí el hecho de disponer de diferentes dispositivos tecnológicos, los cuales resaltan una brecha tecnológica en el rendimiento académico a favor de los estudiantes que disponen de ellos (Fernández-Medina, 2005; Torres-Díaz y Infante-Moro, 2011). Sin embargo, y pese a su naturaleza tecnológica, no se encuentran diferencias significativas entre el avance en el entrenamiento en línea PREIN y las variables socio-tecnológicas del estudio.

CAPÍTULO 5

Factores que median en el éxito del uso de plataformas online de apoyo al aprendizaje: la mirada de los docentes universitarios

El objetivo del presente estudio es analizar los factores que median en el éxito del uso de plataformas online de apoyo al aprendizaje a partir de las percepciones de un grupo focal de docentes universitarios, con un enfoque metodológico cualitativo. La muestra fue conformada por 11 docentes del área de matemáticas que impartían tres asignaturas a 9 240 estudiantes de nuevo ingreso, durante siete semestres comprendidos entre 2018 y 2021. En la investigación, tras la codificación abierta, se identificaron 17 factores que median el éxito de la plataforma online de apoyo al aprendizaje. Mediante la codificación axial se determinaron 5 categorías que resumen las relaciones entre los diferentes factores, a saber: *obstáculos*, los diferentes impedimentos que deben afrontar los docentes en el proceso de enseñanza; *contribución docente*, los factores que señalan el valor añadido que los docentes encuentran en el aula a partir de la implementación del

entrenamiento en línea; *estudiante*, la acogida que le dan los estudiantes al entrenamiento en línea; *refuerzo*, los factores que apuntan al medio utilizado para desarrollar el entrenamiento en línea; *plataforma*, los factores que hablan de la estrategia en sí y de cómo mejorarla. Finalmente, con la codificación selectiva se logró integrar y redefinir las categorías centrales, obteniendo como resultado un modelo de implementación de la plataforma online, que puede servir para explicar y contribuir al éxito de otras experiencias similares a nivel universitario. Además, se discuten las implicaciones y las direcciones para futuras investigaciones en este campo.

5.1. Metodología

El diseño de la investigación se basó en la utilización de la técnica de grupos focales (Cohen et al., 2000), en este caso conformados por los docentes universitarios, para la recolección de datos y, por otro lado, el uso de la teoría fundamentada (Glaser y Strauss, 1967) para el análisis cualitativo de la información corregida, mediante la herramienta MAXQDA versión 2022 (Kuckartz y Rädiker, 2019).

5.1.1. Formación del grupo focal

El entrenamiento en línea PREIN cuenta con la participación de los docentes del área de tres asignaturas de matemáticas: Matemática Básica, Matemática I y Álgebra Superior, que se imparten en estudios universitarios de administración de empresas, contaduría pública, administración financiera, diseño de modas, mercadeo, profesional en deportes y diversas ingenierías (electrónica, electromecánica, ambiental, industrial, eléctrica, telecomunicaciones, sistemas, topografía, industrial). Como se observa, los estudios abarcan perfiles de estudiantes muy variados. La selección aleatoria de los participantes, respecto a una población de 60 docentes del área de matemáticas, arrojó inicialmente una fracción muestral de un cuarto de la población, equivalente a 15 docentes. Se optó por una muestra de este tamaño a fin de generar una conversación más intensa y detallada. Se convocó a cada uno de los docentes con anticipación, en varias ocasiones y por diferentes medios: correo electrónico, mensaje de texto o llamada telefónica. Con el objetivo de facilitar la asistencia, se planteó un encuentro virtual en la

plataforma de uso corporativo Microsoft Teams. Se contó con la participación de 11 de los 15 docentes convocados, de los cuales el 63.6 % eran mujeres, el 72.7 % tenían título de maestría, el 9.1 % poseía título de doctorado y el resto cursaba en ese momento estudios de maestría. La muestra se organizó en tres grupos focales, uno por asignatura, con tres o cuatro docentes cada uno. Para cada grupo focal se organizó una reunión.

5.1.2. Elaboración del guion

A partir de la revisión bibliográfica, se diseñó un guion preliminar de 16 preguntas. Tras la depuración del instrumento por parte de dos expertos, se decidió resumir a 12 preguntas abiertas con la intención de obtener información trascendente para la investigación. Estas preguntas hacen referencia a aquellos factores que, según los resultados de investigaciones previas, miden el éxito del uso de plataformas online de apoyo al aprendizaje (Dey, 2018; Hasan et al., 2020; Hernández et al., 2018; Lozano et al., 2019; Ramírez, 2012). Posteriormente, se realizó un estudio piloto con los docentes del grupo de apoyo que apoyan las implementaciones del entrenamiento en línea PREIN para valorar la forma, secuencia y contenido del guion. Ninguno de ellos intervino en los posteriores grupos focales. El resultado fue mantener las 12 preguntas, pero cambiando el orden, para hacer más amena la reunión con cada grupo focal, iniciando con preguntas generales y terminando con preguntas específicas del estudio (véase la Tabla 10).

Tabla 10

Preguntas del grupo focal

Preguntas	Factores	Referencias
¿Cómo creen que son sus estudiantes matemáticamente?	- Presaberes	- Büchele (2020) - Dey (2018) - López et al. (2020) - Rodríguez-Muñiz y Díaz (2015)
¿Cómo piensan que los estudiantes se consideran a sí mismos en el área de matemáticas? (confiados, ansiosos, inseguros, solventes, etc.).	- Dominio afectivo	- Beltrán-Pellicer y Godino (2020) - Dey (2018) - Hung et al. (2019) - López et al. (2020) - Rueda-Gómez et al. (2023)
¿Creen que la metodología docente incide en el rendimiento académico de sus estudiantes?	- Metodología	- Ramírez (2012) - Rodríguez-Muñiz y Díaz (2015) - Valverde-Berrocoso et al. (2020)
Durante las clases ¿emplean los videos y/o ejercicios de Khan Academy? ¿Qué inconvenientes y/o ventajas han encontrado?	- Videos - Ejercicios	- Fotaris et al. (2016) - Hernández et al. (2018) - Hung et al. (2019) - Lozano et al. (2019) - Otto (2019) - Rasheed et al. (2020) - Rueda-Gómez y Guzmán-Duque (2018)
¿Qué tipo de interacción establecen con los estudiantes respecto al uso de Khan Academy durante el semestre?	- Seguimiento	- Fotaris et al. (2016) - Hung et al. (2019) - Radcliffe et al. (2016) - Rodríguez-Muñiz y Díaz (2015) - Rueda-Gómez y Guzmán-Duque (2018) - Rueda-Gómez et al. (2023)

<p>La estructura de las unidades temáticas del entrenamiento en línea PREIN para cada corte, ¿son adecuadas para la asignatura? ¿Qué le falta o qué le sobra para la asignatura que orientan?</p>	<p>- Estructura</p>	<p>- Hernández et al. (2018) - Lozano et al. (2019) - Ramírez (2012) - Rodríguez-Muñoz y Díaz (2015)</p>
<p>¿Qué tipo de incentivo ofrecen a los estudiantes para motivarlos a realizar el curso PREIN? (intrínseco o extrínseco).</p>	<p>- Motivación extrínseca - Apoyo verbal</p>	<p>- Dey (2018) - Hung et al. (2019) - Ramírez (2012) - Rodríguez-Muñoz y Díaz (2015)</p>
<p>¿Creen que el entrenamiento en línea PREIN funciona o no? Si tiene alguna experiencia puntual por favor méncionala.</p>	<p>- Aporte</p>	<p>- Díaz y Rueda (2020) - Fotaris et al. (2016) - Hung et al. (2019) - Rodríguez-Muñoz y Díaz (2015) - Rueda-Gómez y Guzmán-Duque (2018) - Rueda-Gómez et al. (2023)</p>
<p>¿Cómo creen que los estudiantes perciben el desarrollo del entrenamiento en línea PREIN?</p>	<p>- Reacción</p>	<p>- Dey (2018) - Hung et al. (2019) - Vidergor y Ben-Amram (2020) - Rodríguez-Muñoz y Díaz (2015) - Rueda-Gómez y Guzmán-Duque (2018)</p>
<p>¿Consideran que las variables horario de clase (diurno o nocturno) o programa académico influyen en el desarrollo del curso PREIN?</p>	<p>- Participación</p>	<p>- Dey (2018) - Hasan et al. (2020) - Hung et al. (2019) - Rodríguez-Muñoz y Díaz (2015)</p>
<p>La estrategia de elegir un monitor (estudiante de apoyo) por curso dio resultados en algunos grupos y en otros no, encontrándose casos en que para un mismo docente la estrategia servía para unos cursos y para otros no. ¿Cómo podría ser efectiva esta estrategia?</p>	<p>- Apoyo humano</p>	<p>- Hung et al. (2019)</p>

¿Les gustaría recibir capacitación de la plataforma Khan Academy para poder mostrar en tiempo real a sus estudiantes el estado de inscripción y el porcentaje de avance que llevan?	-	- Ramírez (2012)
	Capacitación	- Rodríguez-Muñiz y Díaz (2015)

Nota. Elaboración propia.

5.1.3. Recogida y análisis de datos

Para llevar a cabo la recogida de datos se utilizó la técnica de grupos focales. Cada grupo focal mantuvo una sesión, desarrollada en tres etapas: *introducción*, *debate* y *clausura*. En la *introducción* se expuso el propósito de la reunión, así mismo se establecieron normas de interacción entre los participantes. Adicionalmente, se solicitó el consentimiento para grabar el encuentro, resaltando la confidencialidad de los datos personales. En el *debate* se plantearon cada una de las 12 preguntas, permitiendo la participación de todos los implicados en el diálogo y debate de cuestiones generales y específicas, sin que se suscitara otras preguntas fuera del guion. En la *clausura*, se destacaron los principales temas identificados, se explicó el uso que se daría a los resultados y se agradeció especialmente la participación voluntaria de los docentes. Cada uno de los tres encuentros duró una hora y quince minutos.

El proceso de análisis de datos se realizó mediante la aplicación de la teoría fundamentada. En el caso de nuestra muestra, las tres fases de aplicación de la teoría fundamentada se concretaron como se indica a continuación. *Descripción:* tras la reunión se realizó una transcripción de las grabaciones con la tipificación de las intervenciones de cada participante y del moderador. Después, se hizo la caracterización de palabras o conceptos clave abordados. Inicialmente se llevó a cabo una *codificación abierta*, a partir de la cual surgieron los códigos para cada uno de los conceptos claves y se clasificaron los segmentos del texto. Por ejemplo, el código *videos*, permitió agrupar todos los segmentos relacionados con las grabaciones disponibles en Khan Academy. Mediante una *codificación axial* se observó la relación y similitud entre los diferentes códigos y se crearon las categorías. Finalmente, con una *codificación selectiva* se integraron las

categorías, generando ideas centrales, lo que permitió la formulación de un modelo teórico que explica las interacciones entre el moderador, los participantes y la plataforma online de apoyo al aprendizaje. Al final de cada etapa de codificación se realizó una fase de triangulación entre los tres investigadores. Por último, en la *comparación constante* se buscaron patrones de incidencia fundamentados en los resultados de la investigación y en el marco teórico, a fin de proponer un modelo explicativo del impacto de la plataforma online de apoyo al aprendizaje en matemáticas.

5.2. Resultados

En esta sección se describen los códigos y las categorías resultantes del análisis cualitativo de las transcripciones de los grupos focales.

5.2.1. Codificación abierta

El proceso de descripción y codificación de los diferentes segmentos de las transcripciones enmarca los resultados en 17 códigos, que se muestran en la Figura 8, con tamaño proporcional a su frecuencia de aparición en el grupo focal. A continuación, en orden descendente de importancia, se realiza una descripción breve de cada uno de los códigos, junto con las opiniones de los docentes sobre cada uno de ellos.

Figura 8

Nube de códigos del grupo focal



Nota. Elaboración propia.

5.2.1.1. Motivación extrínseca

La *motivación extrínseca* es el sistema de premios o recompensas que los docentes otorgan a los estudiantes por su participación en el entrenamiento en línea. Todos los docentes coincidieron en que se debe materializar mediante una contribución a su calificación según el porcentaje de avance que obtenga el estudiante en la plataforma online de apoyo al aprendizaje. Aun cuando manejan diversos porcentajes (que van del 5 % al 35 % de la calificación en la asignatura), todos aseguran que el incentivo aumenta la participación de los estudiantes. Sumado a esto, los docentes refieren la inclusión de métodos de gamificación en la plataforma en forma de puntos de energía, medallas y avatares como estrategia exitosa para incentivar e incrementar el trabajo autónomo en los estudiantes de nuevo ingreso.

5.2.1.2. Aporte

El código *aporte* se refiere a la contribución de la plataforma online al proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas. En este código se resaltan aspectos tecnológicos como las ayudas interactivas con las que cuentan los estudiantes en la plataforma Khan Academy: videos, ejercicios con retroalimentación instantánea, pistas del paso a paso de la solución de los ejercicios y textos explicativos con ejemplos. Todo esto “hace que las clases sean más interactivas, dinámicas y facilita la manera de enseñar”, afirmaron P2, P9 y P10.

Adicionalmente, P3, P4, P5 y P7 mencionaron aspectos de contenido matemático, ya que los estudiantes pueden fortalecer vacíos en los presaberes matemáticos, dado que Khan Academy abarca los ejes temáticos del área en todos los niveles educativos. Por otra parte, P6 y P8 señalaron que esta estrategia representa un enfoque alternativo para abordar los principales temas del curso mediante herramientas didácticas más alineadas con los recursos tecnológicos actuales de los estudiantes. Esto les permite fortalecer de forma autónoma los conocimientos previos, repasar los temas tratados en la asignatura e incluso anticiparse a contenidos que aún no se han abordado. P5 añadió que el entrenamiento en línea reduce la brecha educativa, enriquece la participación en la clase

y disminuye la heterogeneidad en el nivel de aprendizaje de los estudiantes de nuevo ingreso.

P7 señaló que: “los videos de Khan Academy promueven la comunicación matemática entre estudiantes y docentes, puesto que al reforzar temas vistos en clase tienen herramientas para generar debate académico en torno a diversas formas de abordar un mismo ejercicio”, afirmación que corroboró P11. Un ejemplo de esto es el de P5, a quien, tras 20 años de experiencia docente, por primera vez los estudiantes le pidieron explicar el tema de factorización de trinomios por el método aspas simple abordado en Khan Academy de forma diferente a la explicada en clase. Con esta experiencia, la docente reiteró el constante desafío de actualización y dinamización al que conduce la plataforma respecto a la labor docente. P7 afirmó que la plataforma online de apoyo al aprendizaje va más allá de obtener una calificación, sino que genera en los estudiantes más curiosos el deseo ferviente de aprender más allá del aula.

5.2.1.3. Seguimiento

En este código recogemos los sistemas para recordar a los estudiantes las metas del entrenamiento en línea. En este código se han identificado tres fases. La primera consiste en los continuos anuncios verbales y escritos de las actividades que se realizan en el entrenamiento en línea PREIN. Los avisos se hacían clase a clase, semanalmente y/o al inicio de cada corte, dependiendo del docente. Una segunda fase se desarrolla durante el trabajo autónomo que efectúan los estudiantes fuera del aula, en la plataforma Khan Academy. Para el seguimiento de estas actividades, los estudiantes cuentan con la página informativa de la plataforma online (<https://preinuts.es.tl>), en la que disponen de videos instructivos sobre el entrenamiento, metas de avance y fechas límites de los informes de avance a los docentes. Finalmente, se da una tercera fase de seguimiento cuando los estudiantes plantean dudas en la sesión de clase y el docente las resuelve. Este momento se maneja de diferentes maneras, dependiendo del docente. Por ejemplo, P3 indicó que en estos casos él orienta al estudiante sobre cómo abordar el ejercicio, pero no les da la respuesta; mientras que, P2 manifestó que comparte el ejercicio en el tablero y explica la

solución; a diferencia de P1, que otorga bonificaciones al estudiante que lo explique a sus compañeros.

5.2.1.4. *Presaberes*

Los *presaberes* son los conocimientos previos en matemáticas de los estudiantes en el momento de ingresar a la educación superior. Los docentes enfatizaron, de manera unánime, la falta de nivelación en los conceptos básicos del área de matemáticas. En palabras de P1 y P8, el nivel de desempeño con el que llegan los estudiantes presenta serias falencias, particularmente en los presaberes matemáticos, lo que promueve la heterogeneidad en el aula. Por un lado, estudiantes con saberes previos frágiles, fragmentados e inconexos y, por otro lado, estudiantes con saberes previos sólidos e interconectados. Esta heterogeneidad se convierte en un obstáculo para la gestión del aula.

También P7 identificó un bajo nivel de desarrollo en el razonamiento, evidenciado en la escasa capacidad de los estudiantes para argumentar, formular, interpretar y representar. Esta docente planteó que la forma de gestionar la heterogeneidad es concienciar a los estudiantes a ser autodidactas a partir de la exigencia académica desde el primer día. P3 aseguró que: “los estudiantes tienen las capacidades matemáticas, pero carecen de concientización para entender que están en un nivel superior y se quedan en la tendencia del colegio ahondando aún más en las falencias”.

Precisamente, P5 sostuvo que la ley de promoción automática implementada por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (véase García, 2018) ha aumentado la brecha educativa, generando un ciclo de vacíos, desánimo y frustraciones en el proceso formativo del área de matemáticas. Adicionalmente, mencionó que la falta de práctica ocasiona que los estudiantes olviden fácilmente los procesos y tengan más deficiencias en las operaciones básicas. En cambio, P4 sostuvo que los estudiantes se desmotivan del aprendizaje de las matemáticas porque no visualizan su aplicación en situaciones de la vida real.

5.2.1.5. Videos

Este código se refiere a los videos explicativos disponibles en Khan Academy. El grupo de docentes declaró que son los estudiantes quienes traen a colación, durante el desarrollo de la clase, los videos de Khan Academy, a través de afirmaciones como: “igual que lo explican en Khan” o “en Khan explican de otra forma”. Estos comentarios han generado que P4 refiera que son los estudiantes los que lo han motivado a revisar los videos y ejercicios de la plataforma para incorporarlos en clase. Según P11, el trabajo fuera del aula posibilita que los estudiantes traigan a clase parte del conocimiento, haciendo que la instrucción les resulte más sencilla e interactiva. P8 aseguró que a veces los estudiantes no conectan con el docente, pero sí logran esa conexión con el curso virtual, alcanzando un aprendizaje realmente efectivo con los videos de Khan Academy.

P7 expuso que los videos de Khan Academy han sido de gran aporte en la introducción de algún tema nuevo:

Iba a iniciar un tema que no lo había dado y los estudiantes ya sabían algo del tema porque de manera autónoma lo habían adelantado. Sin decirles absolutamente nada, ellos sabían que con las herramientas de Khan Academy podían ir adelantando temas del curso. (P7)

P7 sostuvo que, de este modo, se fomentan nuevos conocimientos y se promueve la comunicación matemática al explicarle al docente o a sus compañeros cómo lo hacen en Khan Academy e intrínsecamente está evaluando lo aprendido.

Adicionalmente, P7 expuso el caso puntual en el que una estudiante le sostuvo que entendía mejor la explicación de Khan Academy sobre la regla de la cadena que la explicación de la docente. La docente añadió que existen diferentes maneras de abordar una situación matemática, quizás por falta de tiempo, el docente enseña una única forma de hacerlo, pero de manera independiente el estudiante puede tomar la decisión de ver el video del tema en Khan Academy, encontrándose con técnicas diferentes de desarrollarlo, pudiendo elegir la que más se le facilite. Por último, P7 confesó que no es fácil aceptar que algunos estudiantes comprendan mejor la explicación a través de un video que mediante

su explicación y es esta situación la que genera curiosidad en el docente por saber de qué otra forma se desarrolló el contenido en Khan Academy.

5.2.1.6. *Apoyo verbal*

El *apoyo verbal* es la forma en que los docentes animan a los estudiantes a cumplir con la meta del entrenamiento en línea, sin recurrir a incentivos externos. En este sentido, P4 señaló la enorme dependencia que cualquier proceso formativo tiene de las ganas del estudiante por querer aprender y alcanzar sus sueños profesionales. P10 afirmó que: “hay estudiantes que por más que uno intente explicarles, se cierran, de entrada, son un poco reacios o de pronto no les gusta profundizar o no les gusta fortalecer sus habilidades matemáticas, esto lo hace un poco más difícil”.

5.2.1.7. *Metodología*

Al indagar por la *metodología* que siguen los docentes en las clases de matemáticas y su posible influencia en el rendimiento académico de los estudiantes, hubo tres puntos de vista. P3 se manifestó en contra de esta influencia:

[...] desde mi punto de vista personal, no creería que la metodología docente incide en el rendimiento, porque si el alumno tiene la disposición, las ganas de entender, de aprender algo, indiferentemente de que el profesor, llamémoslo mal profesor, no sepa explicar algo, él va a profundizar igual. Esta es un arma de doble filo porque muchos piensan que cuando el profesor es estricto entonces es porque tiene una mala metodología y es, al contrario, está pidiendo que el estudiante saque todo su potencial y sea en beneficio de él. (P3)

Los docentes P2, P9 y P11, por el contrario, estuvieron de acuerdo en que la metodología utilizada en el aula incidía directamente en el rendimiento académico, porque cuanto más participativo era el alumnado, mejores resultados en el aprendizaje se generaban. En palabras de P11: “la metodología del docente influye muchísimo porque la forma en la que se transmite el conocimiento incide directamente en la interiorización de este, en mi caso, me tomo el tiempo para explicarles una, dos y hasta tres veces”. No obstante, P9 concluyó con la siguiente inquietud: “El problema es determinar cuál es la

metodología que más va a favorecer a un grupo, porque todas las metodologías son válidas; sin embargo, todos aprendemos de manera diferente”. Finalmente, el resto de los docentes admitieron la influencia de la metodología, pero poniéndola en igualdad de condiciones con otros factores como la disposición, los presaberes, o la motivación, entre otros.

5.2.1.8. Participación

Los docentes percibieron que la participación de los estudiantes depende de diferentes variables, como programa académico, horario, edad, condición laboral y género. Respecto al horario, se resaltó que los estudiantes de la jornada diurna logran mejores avances en la plataforma Khan Academy comparados con los de la jornada nocturna, dado que la mayoría de los estudiantes de la nocturna tienen mayor edad y adicionalmente estudian y trabajan. Sin embargo, P3 expuso casos en los que la participación de los estudiantes de las dos jornadas ha sido similar. En algunas ocasiones, la edad ha jugado en contra de la participación. Algunos docentes, como P2, comentaron que: “el semestre pasado hablé con un estudiante mayor con el que tuve que implementar alternativas especiales para el adecuado desarrollo del contenido, puesto que por su edad se le dificultó el uso de las tecnologías”. P3 indicó que: “al igual que el profesor P1 el año pasado, viví una situación en la que un estudiante de edad avanzada tuvo dificultades para usar la herramienta por falta de tiempo y experiencia en el empleo de las nuevas tecnologías”. Los docentes resaltaron de manera casi unánime que los estudiantes que trabajan obtienen peores resultados que quienes no lo hacen, por la falta de tiempo. Finalmente, P8 y P9 percibieron que existe una diferencia de género en la participación de los estudiantes, a favor de las mujeres.

5.2.1.9. Reacciones

Este código hace referencia a la forma, diversa en opinión de los docentes, en que los estudiantes asumen el desarrollo del entrenamiento en línea. P4, P5 y P6 declararon que, al iniciar el entrenamiento, la mayoría de los estudiantes se quejaron, alegando que su extensión era excesiva, que era tedioso, e implicaba demasiado tiempo, esfuerzo y

dedicación. Pero, al avanzar en el desarrollo del entrenamiento, fueron cambiando de actitud, y revelaron que les fue útil porque pudieron afianzar conocimientos previos, temas vistos en clase o adelantar otros nuevos. Adicionalmente, P9 expuso que: “es la forma adecuada de hacerlos estudiar porque es muy difícil que en estos tiempos el estudiante coja un libro y se siente a estudiar, ellos prefieren los videos y herramientas más interactivas”.

5.2.1.10. Apoyo humano

El *apoyo humano* se refiere a la colaboración que recibe el docente del área de matemáticas por parte del grupo de apoyo o por parte de un estudiante de su clase para fomentar el nivel de participación en la plataforma online. Así, por un lado, a cada docente se le asignó una persona del grupo de apoyo para que le ayudara a resolver las dudas de los estudiantes y le apoyara en el uso de la plataforma. Por otro lado, cada docente tenía la opción de elegir un estudiante para que, previa capacitación, le ayudara a resolver las dudas de sus compañeros respecto a la plataforma. En cuanto al primer tipo de apoyo, la mayoría de los docentes reconoció como útil el acompañamiento recibido, con alguna observación respecto a la precisión de las respuestas o el tiempo para responder. Respecto al segundo tipo de apoyo, la mayoría de los docentes afirmó que elegir un estudiante era bueno siempre y cuando se eligieran estudiantes carismáticos, con espíritu de servicio y se le otorgara una bonificación por su labor. En cambio, un grupo mínimo de docentes afirmó no haber necesitado del apoyo de los estudiantes, argumentando que no les delegar ninguna función.

5.2.1.11. Dominio afectivo

El *dominio afectivo* se refiere al conjunto de actitudes, creencias y emociones que tienen los estudiantes respecto a las habilidades matemáticas, que juega un papel esencial en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas. En este caso, los docentes participantes detectaron que algunas actitudes, creencias y emociones están fuertemente arraigadas en los estudiantes de nuevo ingreso e indicaron que, poco a poco, el dominio afectivo va condicionando el éxito o el fracaso a la hora de enfrentarse a esta disciplina.

Todos los docentes percibieron miedo, inseguridad y ansiedad en la mayoría de los estudiantes y afirmaron que la inseguridad limita el querer aprender más de la asignatura, arrastrando además un importante malestar emocional, como tristeza, ansiedad y miedo, haciendo que el estudiante se sienta, se perciba y se comporte de manera insegura, lo que genera una predisposición por aprender.

5.2.1.12. Estructura

La *estructura* se refiere a la organización de los temas abordados en la plataforma online, que depende de cada asignatura. Todos los docentes de Álgebra Superior consideraron que el entrenamiento está acorde al plan de estudios de la asignatura. Los docentes de Matemática I percibieron que cada vez es más coherente con el plan de estudios, sin embargo, señalaron que, al tratarse de una asignatura de la Facultad de Ciencias Socioeconómicas Empresariales no deberían incluirse ejercicios con funciones trigonométricas. Por último, todos los docentes de la asignatura Matemática Básica resaltaron la necesidad de profundizar más en operaciones con números reales y ejercicios de conversión de unidades.

5.2.1.13. Capacitación

La *capacitación* hace referencia a la formación que los docentes recibieron sobre la plataforma online y a Khan Academy. La actitud de los docentes a este respecto fue muy favorable. Por un lado, en el aula surgió la necesidad de dar respuestas precisas y oportunas a las inquietudes de los estudiantes sobre el uso de la plataforma. En este sentido, es necesario que los docentes que imparten las asignaturas en las que se implementa el entrenamiento en línea reciban capacitación sobre la plataforma online de apoyo al aprendizaje y sobre Khan Academy. Por otro lado, gracias a la capacitación, los docentes tenían acceso directo a las bases de datos de Khan Academy, permitiéndoles visualizar el estado de inscripción y el nivel de porcentaje en cada una de las actividades, para así llevar un informe de sus grupos. Los docentes también indicaron que la capacitación era una forma de mejorar su quehacer, pero se hacía necesario seguir contando con el grupo de apoyo que apoyan las implementaciones del entrenamiento

para la resolución de dudas e inconsistencias en los informes del porcentaje de avance de los estudiantes.

5.2.1.14. Sugerencias

Las *sugerencias* son las recomendaciones que proponen los participantes en los grupos focales para mejorar la implementación de la plataforma. Los docentes P2 y P9 recomendaron capacitar en el manejo de la plataforma Khan Academy a las personas participantes, específicamente a los estudiantes, a fin de dinamizar la implementación del entrenamiento en línea. P8 indicó la posibilidad de ofrecer capacitación del entrenamiento en línea y de Khan Academy a los docentes nuevos y sugirió estandarizar los incentivos extrínsecos para que en todos los grupos se otorgue el mismo porcentaje en la calificación. Para cerrar, de manera unánime, los docentes opinaron que se debe simplificar el proceso de inscripción, dado que es el paso que más le cuesta a la mayoría de los estudiantes.

5.2.1.15. Organización

La *organización* se refiere a los obstáculos en la gestión de la enseñanza en los primeros semestres de la educación superior. La discusión se centró en la administración del tiempo, puesto que los extensos contenidos, las reducidas horas de clase, la heterogeneidad en el nivel de aprendizaje de los estudiantes y el manejo e incorporación de diferentes herramientas tecnológicas, son factores que deben maniobrar los docentes para lograr los objetivos esperados. P5 indicó que: “es muy complicado, bastante complicado, de hecho, cumplir a cabalidad todo lo indicado”.

5.2.1.16. Ejercicios

En este código se incluyen prácticas, cuestionarios y pruebas de unidad disponibles en Khan Academy. Los docentes tienen diferentes percepciones. Por ejemplo, P4 apuntó que el refuerzo a través de la práctica de los ejercicios en Khan Academy fortalece el aprendizaje de la asignatura. P5 y P7 indicaron que los ejercicios son acordes a lo visto en clase y por eso los incorporan en los talleres, *quizzes* y evaluaciones.

5.2.1.17. Soporte técnico

Este código se refiere a la asistencia técnica necesaria para hacer un uso correcto de la plataforma online de apoyo al aprendizaje. Los docentes coincidieron en que el inconveniente mayor estaba en el registro de los estudiantes en la plataforma Khan Academy, debido a que omitían pasos o lo hacían mal y, al momento de generar el reporte de avance, no aparecían y se presentaban reclamaciones. Paralelamente, manifestaron la inconformidad de no tener acceso a las cuentas de Khan Academy para poder visualizar en línea, en tiempo real, los resultados de sus estudiantes.

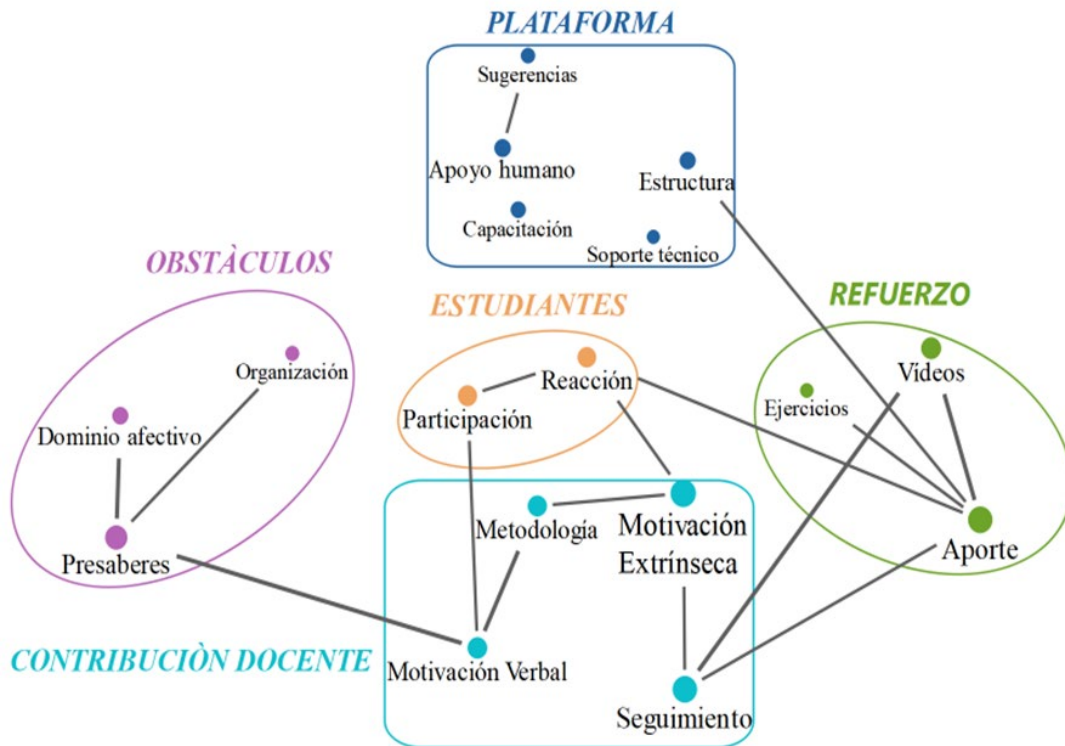
5.2.2. Codificación axial

La Figura 9 muestra los resultados de la codificación axial, que visualizan las relaciones entre los diferentes códigos a fin de identificar ejes centrales o categorías. El mapa de códigos los posiciona conforme a su similitud: a mayor similitud, mayor proximidad en la Figura 9. Adicionalmente, el tamaño de los puntos es proporcional a la relevancia del código. Los colores ilustran las agrupaciones, y las líneas de conexión indican la intersección entre códigos. El ancho de la línea representa la intensidad de las intersecciones: a mayor amplitud, mayor número de segmentos en los que se asignan los dos códigos conectados. Se identificaron cinco categorías: *obstáculos*, *aporte docente*, *estudiante*, *plataforma* y *refuerzo*, que se describen a continuación.

La categoría *obstáculos* reúne los diferentes impedimentos que deben afrontar los docentes en el proceso de enseñanza de las matemáticas, en especial, en los primeros semestres de la educación superior. La categoría *contribución docente* agrupa códigos que señalan el valor añadido que los docentes encuentran en el aula a partir de la implementación del entrenamiento en línea. En la categoría *estudiante* se enmarca la acogida que le dan los estudiantes al entrenamiento en línea. En *refuerzo* se asocian los códigos que apuntan al medio utilizado para desarrollar el entrenamiento en línea, destacando las herramientas de las que dispone y el aporte que realiza al proceso formativo de matemáticas. En la *plataforma* se aglomeran los códigos que hablan de la estrategia en sí y de cómo mejorarla para las próximas implementaciones.

Figura 9

Codificación axial



Nota. Elaboración propia.

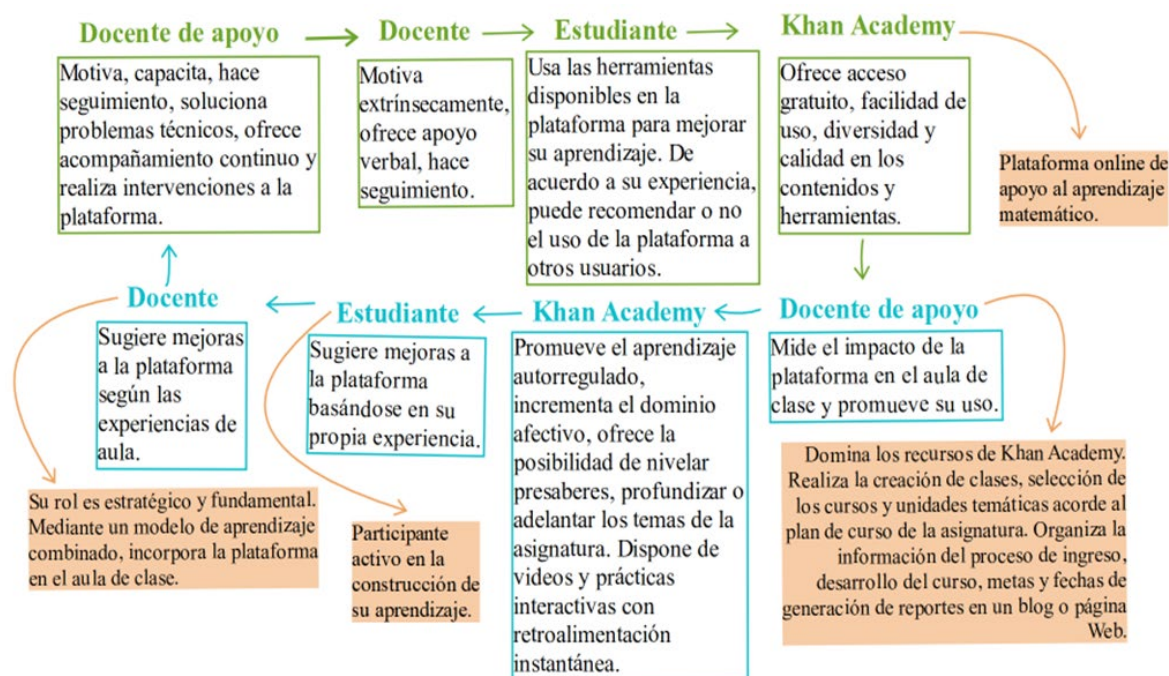
5.2.3. Codificación selectiva

Por último, se realizó la codificación selectiva para integrar y redefinir las categorías centrales, obteniendo como resultado el modelo de implementación de estrategia online de apoyo al aprendizaje matemático que refleja la Figura 10. El modelo construido sugiere que la institución educativa debe disponer de un grupo de *docentes de apoyo* capacitados en el uso de la plataforma Khan Academy, los cuales son los encargados de gestionar los recursos, involucrar y acompañar a los docentes durante todo el proceso de implementación, ejecución y medición de la estrategia en el aula. El *docente*, por su parte, continúa llevando a cabo su clase como solía hacerlo, pero remite a los recursos de Khan Academy para la profundización y ejercitación de lo estudiado en clase. En su trabajo independiente en Khan Academy, el *estudiante* dispone de actividades acordes a

su nivel de aprendizaje, ya sea para fortalecer los conocimientos previos de la asignatura, profundizar lo visto en clase o avanzar en los temas que aún no se han visto. Así mismo, en la plataforma el estudiante tendrá acceso a los videos, prácticas y sistemas de autorregulación, los cuales favorecen el dominio afectivo hacia las matemáticas. Finalmente, la generación de reportes del proceso efectuado en Khan Academy es una fuente de información en la construcción de indicadores de calidad institucional, que s podrán ser utilizados para la rendición de cuentas a la que se somete toda institución pública de educación superior.

Figura 10

Modelo de implementación de una plataforma online de apoyo al aprendizaje matemático



Nota. Elaboración propia.

5.3. Discusión

La implementación y análisis del uso de una plataforma en línea para apoyar el aprendizaje se ha realizado de manera institucional y masiva durante siete semestres consecutivos, manteniendo la alternativa de implementar un aula dinámica tradicional,

enriquecida tecnológicamente con Khan Academy. El proceso de reflexión a través de grupos focales condujo a la identificación de los factores que se deben considerar para lograr la implementación exitosa y sostenida de la estrategia en el aula, y su integración en un modelo explicativo que constituye el principal hallazgo de esta investigación (Figura 10). El modelo permite esclarecer los factores que influyen en el éxito de la implementación de metodologías de estas características, cada vez más utilizadas en la educación superior, aunque muchas veces se echa en falta un análisis sistematizado como el que revela esta investigación.

Otro de los hallazgos más relevantes de la investigación es la facilidad con la que la plataforma permite a los estudiantes aprender y explorar estrategias diferentes a las que ofrece el docente en sus lecciones (las que se encuentran en el material de Khan Academy). De esta manera, los estudiantes traen nuevos métodos al aula y generan un círculo virtuoso que despierta la curiosidad del docente sobre formas alternativas de explicar o desarrollar ciertos contenidos, al mismo tiempo que lo reta a aprender sobre estos nuevos métodos para guiar a sus estudiantes (Vidergor y Ben-Amram, 2020). En otras palabras, Khan Academy permite ver la forma en la que otros docentes en otros países guían el conocimiento matemático, enriqueciendo la práctica docente y haciendo que sean los estudiantes quienes promuevan este reto en el docente. Por su parte, los docentes se comprometen a ampliar sus conocimientos especializados, particularmente desde el punto de vista didáctico (Carrillo-Yáñez et al., 2018) y también sus creencias sobre el aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas (Aguilar-González et al., 2022). Esta forma de reconstruir conocimientos y creencias a partir de la observación de planteamientos didáctico-matemáticos foráneos se coloca en la agenda de investigación internacional sobre la formación docente de matemáticas tanto inicial (Muñiz-Rodríguez et al., 2020) como continua (Karsenty y Sherin, 2017).

La educación superior debe afrontar retos formativos como la diversidad de conocimientos matemáticos de los estudiantes de nuevo ingreso (Di Martino et al., 2023; Rodríguez-Muñiz et al., 2020) o la nivelación de los conocimientos previos matemáticos y sus implicaciones directas en las tasas de abandono temprano (Büchele, 2020; López et

al., 2020; Rodríguez-Muñiz y Díaz, 2015). Esta investigación muestra cómo los docentes universitarios perciben que el fortalecimiento de los conocimientos previos es un factor fundamental en las estrategias de apoyo al aprendizaje y que la posibilidad de hacerlo a través de plataformas en línea mejora los procesos adaptativos que deben afrontar los estudiantes en la transición de la educación secundaria a la superior porque fomenta la autonomía, la autoeficacia informática y la autorregulación (Hasan et al., 2020; Rueda-Gómez et al., 2023).

Los docentes que participaron en el *focus group* también señalaron el valor de la autorregulación que se produce con la plataforma. Los estudiantes aprenden rápidamente a buscar ayuda a través de las herramientas de retroalimentación disponibles en la plataforma, una idea resaltada previamente por Gray y Lindstrom (2019). Este proceso de reflexión sobre sus procedimientos y métodos de resolución de problemas hace que los estudiantes se sientan más seguros de sus habilidades matemáticas y eso se traduce en una mayor participación en las clases presenciales. Este hallazgo es consistente con López et al. (2020) y apoya los hallazgos cuantitativos evidenciados en Rueda-Gómez et al. (2023). Esta autorregulación también se manifiesta, según los docentes, en la posibilidad de aclarar, a través de los videos de Khan Academy, dudas sobre lo tratado en clase y avanzar en temas que aún no se han visto, algo también apuntado al respecto en Gray y Lindstrom (2019) y en Zotova et al. (2021). Además, los videos generan en los estudiantes la confianza para intervenir de forma activa y certera en las clases, activando una habilidad poco valorada en el proceso formativo en el contexto universitario colombiano, como es la comunicación matemática, fundamental en el desarrollo de la competencia matemática (Gravemeijer et al., 2017). El trabajo autónomo de los estudiantes también permite que las clases sean más fluidas y más eficientes en el tiempo, logrando así cubrir todos los ejes temáticos (Ferdinand et al., 2020), lo que contribuye a mejorar el factor organizativo de la gestión docente, en lugar de ser una carga adicional.

A diferencia de Hernández et al. (2018) y Lozano et al. (2019), de esta investigación se deduce que el rol del docente es un factor estratégico en la implementación de cursos en línea para fortalecer los conocimientos matemáticos o conocimientos previos de los

estudiantes de nuevo ingreso, debido a que a través de los diferentes mecanismos motivacionales se dinamiza la participación y se mejora la reacción del estudiante ante el desarrollo de actividades en línea. Esta percepción expresada en los grupos focales está en concordancia con Gray y Lindstrom (2019) y Ramírez (2012).

La propuesta de Rodríguez-Muñiz y Díaz (2015) de aunar esfuerzos para promover una plataforma web conjunta o el uso compartido de plataformas matemáticas actuales se está materializando a nivel mundial con Khan Academy y los resultados de este estudio son prueba de ello. En este sentido, la implementación de una plataforma en línea de apoyo al aprendizaje es la primera intervención que se realiza de manera masiva (9 240 estudiantes de nuevo ingreso), periódica (durante siete semestres consecutivos), y aplicando medidas de efectividad, como sugieren Rodríguez-Muñiz y Díaz (2015). En este sentido, el análisis realizado en este estudio puede considerarse, hasta donde saben los autores, pionero.

CAPÍTULO 6

Influencia de las actitudes hacia las matemáticas, los presaberes matemáticos y las tareas guiadas en el aprendizaje apoyado por Khan Academy

Khan Academy es una plataforma educativa en línea de apoyo al aprendizaje utilizada por algunas instituciones de educación superior para fortalecer los presaberes matemáticos de los estudiantes de nuevo ingreso. En estudios previos se comprobó el efecto de esta plataforma en términos de mejora del rendimiento académico y del autoconcepto de los estudiantes, al tiempo que se evidenció la influencia de diversos factores en su éxito, entre los que destacan el dominio afectivo, los presaberes matemáticos de los estudiantes, y la metodología empleada por el docente. El objetivo del

presente estudio es profundizar en el estudio de la influencia de las actitudes hacia las matemáticas y de los presaberes matemáticos de los estudiantes en el aprendizaje apoyado por Khan Academy, además de analizar el impacto de una intervención metodológica basada en el uso de tareas guiadas. Se implementó un enfoque metodológico mixto, cuantitativo y cualitativo, con tres muestras de estudiantes. Los resultados ponen de manifiesto que el 39 % de los estudiantes responden correctamente a las preguntas planteadas en la sección de presaberes matemáticos. Además, se evidenció que la plataforma Khan Academy actúa como un complemento valioso a las clases tradicionales, permitiendo a los estudiantes comparar y contrastar enfoques, proporcionando una visión diversa de los conceptos matemáticos. Por último, se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento académico entre el grupo control y el grupo experimental en cuanto al uso de tareas guiadas. Además, se discuten las implicaciones y las direcciones para futuras investigaciones en este campo.

6.1. Metodología

Este estudio adopta un enfoque mixto que integra metodologías cuantitativas y cualitativas. Johnson y Onwuegbuzie (2004) afirman que, al combinar ambos métodos, se pueden superar las limitaciones de emplear un solo enfoque, mejorando así la validez y confiabilidad de la investigación. El estudio se estructuró en tres etapas, que se describen detalladamente a continuación, especificando los participantes, los criterios de selección y los instrumentos utilizados en cada una de ellas.

6.1.1. Primera etapa: análisis de las actitudes hacia las matemáticas

En esta etapa se llevó a cabo un AFC sobre la escala de actitudes hacia las matemáticas EAM (Palacios et al., 2013). En el AFC participaron 181 estudiantes de nuevo ingreso, quienes fueron seleccionados de los grupos de docentes que decidieron participar voluntariamente en el estudio. Se garantizó que el estudio siguiera los protocolos éticos adecuados y se obtuvieron todas las aprobaciones necesarias del comité de ética de la institución. La encuesta (véase el Apéndice B), enviada electrónicamente a

261 estudiantes desde el 31 de marzo de 2023, tenía como objetivo recopilar información para fines de análisis e investigación. Al responderla, los participantes aceptaron el consentimiento para el uso de sus datos. Sin embargo, de los 261 estudiantes a quienes se les envió la encuesta, solo 181 la completaron antes de que se cerrara el proceso al 14 de abril de 2023.

Cabe destacar que los participantes provenían tanto de la Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías (45.3 % de los estudiantes participantes) como de la Facultad de Ciencias Socioeconómicas Empresariales (54.7 %, véase la Tabla 11). Para el análisis de los datos recogidos se utilizó RStudio versión 4.2.3. Se atendió a los índices de ajuste principales: chi-cuadrado (χ^2), si su valor es estadísticamente significativo (menor a 0.05), el ajuste del modelo es pobre en comparación a la muestra, en caso contrario, se considera que el modelo se ajusta de forma adecuada a la muestra (Lewis, 2017; Walker y Smith, 2017); el RMSEA (*Root Mean Square Error of Approximation*), para muestras mayores a 100 casos como la considerada se recomienda un punto de corte de 0.08 o menos (Cho et al., 2020; Curran et al., 2003; Jordan-Muiños, 2021); el CFI (*Comparative Fit Index*) indica un ajuste adecuado si es mayor o igual a 0.95 (Lai, 2020); el *Tucker-Lewis Index* (TLI), el punto de corte adecuado debe ser superior de 0.90 y si es mayor o igual a 0.95 se lo considera óptimo (Xia y Yang, 2019); el *Standardized Root Mean Square Residual* (SRMR), se recomienda un punto de corte menor o igual a 0.09 en una muestra de 100 casos o menos, mientras que para muestras mayores a 100 casos, se recomienda un punto de corte de 0.08 o menos (Cho et al., 2020; Shi et al., 2019).

Tabla 11

Muestra de la primera etapa del tercer estudio

Grado académico	F	Nombre del curso	D	M	N_EAM	N_T
Tecnología en manejo de la información contable	FCSE	Matemática I	D1	38	34	99
Tecnología en manejo de la información contable		Matemática I	D1	35	25	
Tecnología en gestión empresarial		Matemática I	D2	36	23	
Tecnología en gestión empresarial		Matemática I	D2	25	17	
Tecnología en electricidad industrial	FCNI	Álgebra Superior	D3	32	21	82
Tecnología en desarrollo de sistemas informáticos		Álgebra Superior	D3	31	25	
Tecnología en operación y mantenimiento electromecánico		Álgebra Superior	D4	27	7	
Tecnología en desarrollo de sistemas informáticos		Álgebra Superior	D4	37	29	
TOTAL				261	181	181

Nota. F = Facultad. D = Docente. M = Número de estudiantes matriculados en el curso. N_EAM = Número de estudiantes que completaron la encuesta EAM. N_T = Muestra total. FCSE = Facultad de Ciencias Socioeconómicas Empresariales. FCNI = Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías. Elaboración propia.

Para analizar la estructura dimensional se ha optado por el AFC en lugar del AFE debido a que, en este caso, se dispone de estudios previos que apuntan a una estructura consolidada (Ferrando-Piera et al., 2022), por lo que se trataría de asumir la hipótesis de estructura y tratar de confirmarla.

6.1.2. Segunda etapa: análisis de los presaberes matemáticos

En esta etapa se llevó a cabo un análisis cualitativo centrado en la identificación de carencias en los presaberes matemáticos. Se accedió a las producciones de una muestra por conveniencia de 168 estudiantes pertenecientes a los grupos de los docentes D1, D2 y D3 que participaron en la primera etapa. De estos, 128 estudiantes participaron tanto en la primera como en la segunda etapa, mostrando una coincidencia mayoritaria. No obstante, 40 estudiantes solo estuvieron presentes en la segunda etapa, es decir, no respondieron la encuesta en la primera etapa, pero sí realizaron la prueba escrita en la segunda etapa. El 66.1 % de los participantes eran de la Facultad de Ciencias Socioeconómicas Empresariales, mientras que el 33.9 % restante pertenecía a la Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías (véase la Tabla 12). Las pruebas escritas se llevaron a cabo del 6 al 18 de marzo de 2023 según el calendario académico institucional, pero las producciones calificadas se entregaron a finales de abril de 2023. Cabe destacar que no se pudo acceder a las pruebas escritas de los 36 estudiantes del docente D4 debido a un error logístico en la recolección de los parciales.

Tabla 12

Muestra de la segunda etapa del tercer estudio

Grado académico	F	Nombre del curso	D	M	N_1&2	N_2	N_T2	N_T
Tecnología en manejo de la información contable		Matemática I	D1	38	30	5	35	
Tecnología en manejo de la información contable	FCSE	Matemática I	D1	35	22	4	26	
Tecnología en gestión empresarial		Matemática I	D2	36	20	8	28	111
Tecnología en gestión empresarial		Matemática I	D2	25	16	6	22	

Capítulo 6

Tecnología en electricidad industrial	Álgebra Superior	D3	32	19	9	28	
Tecnología en desarrollo de sistemas informáticos	Álgebra Superior	D3	31	21	8	29	
Tecnología en operación y mantenimiento electromecánico	Álgebra Superior	D4	27	0	0	0	57
Tecnología en desarrollo de sistemas informáticos	Álgebra Superior	D4	37	0	0	0	
TOTAL			261	128	40	168	168

Nota. F = Facultad. D = Docente. M = Número de estudiantes matriculados en el curso. N_{1&2} = Número de estudiantes presentes en las etapas 1 y 2. N₂ = Número de estudiantes ingresados en la etapa 2. N_{T2} = Número de estudiantes en la etapa 2. N_T = Muestra total. FCSE = Facultad de Ciencias Socioeconómicas Empresariales. FCNI = Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías. Elaboración propia.

Cada docente eligió al menos una pregunta relacionada con los presaberes matemáticos en el primer examen de la asignatura, extraída de la unidad Fundamentos de álgebra del curso Álgebra I de Khan Academy. Estas preguntas se muestran a continuación.

El docente D1 formuló una pregunta sobre presaberes matemáticos para cada estudiante, seleccionando una de las seis preguntas distintas disponibles en un banco de ítems (véase la Figura 11) para sus grupos. La selección de la pregunta se realizó mediante un proceso de sorteo, donde a cada estudiante se le asignó aleatoriamente una única pregunta del banco de preguntas.

Figura 11

Banco de ítems para la pregunta P1

<p>P1. Simplifica para crear una expresión equivalente. $-2(-2 - 4p) + 2(-2p - 1)$</p>	<p>P1. Simplifica para crear una expresión equivalente. $-2(-5n + 6) + 5(2 - 7n)$</p>
<p>P1. Simplifica para crear una expresión equivalente. $6(5r - 11) - (5 - r)$</p>	<p>P1. Evalúa $\frac{3}{2}y - 3 + \frac{5}{3}z$ cuando $y = 6$ y $z = 3$</p>
<p>P1. Cuáles expresiones son equivalentes a $n + n + 2m$</p> <p>a) $2nm$ b) $2(n + m)$ c) $n(2n + m)$ d) $2(n + n + m)$ e) Ninguna de las anteriores.</p>	<p>P1. Cuáles expresiones son equivalentes a $3(4h + 2k)$</p> <p>a) $3(2k + 4h)$ b) $3(4k + 2h)$ c) $6(2h + k)$ d) Todas las anteriores e) Ninguna de las anteriores.</p>

Nota. Elaboración propia.

El docente D2 formuló dos preguntas sobre presaberes matemáticos para cada estudiante, utilizando un banco de cuatro ítems (véase la Figura 12) para sus grupos. La asignación de las preguntas se realizó de manera aleatoria, donde a cada estudiante se le asignó al azar una pregunta del banco de preguntas P2 y otra pregunta del banco de preguntas P3. Por lo tanto, cada estudiante respondió una pregunta aleatoria de P2 y otra pregunta aleatoria de P3.

Figura 12

Banco de ítems para las preguntas P2 y P3

<p>P2. Simplifica para crear una expresión equivalente. $19 - 6(-k + 4)$ Justifica y selecciona 1 respuesta:</p> <p>a) $6k - 5$ b) $-6k - 5$ c) $6k - 9$ d) $6k - 5$</p>	<p>P2. Simplifica para crear una expresión equivalente. $-r + 8(-5r - 2)$ Justifica y selecciona 1 respuesta:</p> <p>a) $-6r - 16$ b) $-6r - 2$ c) $-41r - 2$ d) $-41r - 16$</p>
<p>P3. Realice la operación Evalúa $\frac{3}{7}r + \frac{5}{8}s$ cuando $r = 14$ y $s = 8$</p>	<p>P3. Realice la operación $\frac{2}{5}k - \frac{3}{5} + \frac{1}{10}k$</p>

Nota. Elaboración propia.

Capítulo 6

El docente D3 propuso seis preguntas específicas sobre presaberes matemáticos para sus grupos (véase la Figura 13). Cada estudiante debía responder las seis preguntas, las cuales fueron las mismas para todos los estudiantes y no se asignaron de manera aleatoria.

Figura 13

Preguntas P4, P5, P6, P7, P8 y P9

<p><i>P4. Cuáles expresiones son equivalentes a</i> $z + (z + 6)$ <i>Elige todas las respuestas adecuadas:</i> a) $(z + z) + (z + 6)$ b) $(z + 6) + 6$ c) $2(z + 3)$</p>	<p><i>P5. Simplifica para crear una expresión equivalente</i> $-r + 8(-5r - 2)$ <i>Escoge 1 respuesta</i> a) $-6r - 16$ b) $-6r - 2$ c) $-41r - 2$ d) $-41r - 16$</p>	<p><i>P6. Simplifica para crear una expresión equivalente</i> $2(-2 - 4p) + 2(-2p - 1)$ <i>Escoge 1 respuesta</i> a) $-12p - 6$ b) $-10p - 6$ c) $-12p + 6$ d) $12p - 6$</p>
<p><i>P7. Evalúa</i> $e - \frac{1}{2}f$ cuando $e = 15$ y $f = 2$</p>	<p><i>P8. Simplifica para crear una expresión equivalente</i> $19 - 6(-k + 4)$ <i>Escoge 1 respuesta</i> a) $6k - 5$ b) $-6k - 5$ c) $6k + 9$ d) $6k + 5$</p>	<p><i>P9. Cuáles expresiones son equivalentes a $x + 2y + x + 2$</i> <i>Elige todas las respuestas adecuadas:</i> a) $2(x + y + 1)$ b) $2x + 4y + 4$ c) <i>Ninguna de las opciones anteriores</i></p>

Nota. Elaboración propia.

Se examinaron las respuestas de los estudiantes mediante una metodología inductiva (Li, 2016), es decir, se revisaron las respuestas sin preconcepciones o categorías predefinidas. Este proceso permite obtener una comprensión más profunda de los presaberes matemáticos, sin imponer ideas preconcebidas sobre qué esperar en las respuestas (Fleming y Zegwaard, 2018). Luego de leer y revisar las producciones, cada respuesta se clasificó en una de tres categorías: *No responde* (respuestas en blanco), *Incorrecto* (respuestas con errores en el proceso) o *Correcto* (respuestas con procesos coherentes y correctamente desarrollados). Además, se realizará un análisis más detallado de la categoría *Incorrecto* con el objetivo de identificar y agrupar los errores más comunes en los conocimientos previos en matemáticas por ejes temáticos.

6.1.3. Tercera etapa: análisis de la intervención metodológica

En esta etapa se llevó a cabo un estudio cuasiexperimental, que es el apropiado cuando no se puede asignar aleatoriamente los participantes a grupos de tratamiento y control (Gopalan et al., 2020). El diseño del estudio tenía dos grupos: uno que recibe la intervención (usando tareas guiadas en Khan Academy) y otro que no la recibe (usando las prácticas habituales como metas de dominio en Khan Academy). Los 168 estudiantes que participaron en esta tercera etapa fueron los mismos que estuvieron involucrados en la etapa anterior (véase la Tabla 12). Cada docente (D1, D2 y D3) disponía de dos grupos, que se distribuyeron en control y experimental como se refleja en la Tabla 13.

Tabla 13

Clasificación de los grupos del estudio cuasiexperimental de la tercera etapa

Grupo de estudio	Grado académico	F	Nombre del curso	D	N_2&3	N_T
Control	Tecnología en manejo de la información contable	FCSE	Matemática I	D1	26	82
	Tecnología en gestión empresarial	FCSE	Matemática I	D2	28	
	Tecnología en electricidad industrial	FCNI	Álgebra Superior	D3	28	
Experimental	Tecnología en manejo de la información contable	FCSE	Matemática I	D1	35	86
	Tecnología en gestión empresarial	FCSE	Matemática I	D2	22	
	Tecnología en desarrollo de sistemas informáticos	FCNI	Álgebra Superior	D3	29	
TOTAL					168	168

Nota. F = Facultad. D = Docente. N_2&3= Número de estudiantes presentes en las etapas 2 y 3. N_T = Muestra total. FCSE = Facultad de Ciencias Socioeconómicas Empresariales. FCNI = Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías. Elaboración propia.

Capítulo 6

Todos los estudiantes se encontraban asignados a la unidad Fundamentos de álgebra del curso Álgebra I en Khan Academy, contaban con los recursos que incluían videos explicativos con definiciones, ejemplos y situaciones contextualizadas, artículos con explicaciones interactivas y foro de preguntas, prácticas con ejercicios y retroalimentación instantánea, así como vídeos que detallaban ejercicios similares junto con pistas paso a paso para la resolución. Por una parte, en los grupos experimentales, los estudiantes debían avanzar en la unidad de Fundamentos de álgebra mediante el desarrollo de tareas guiadas. En el experimento, se establecieron 10 tareas guiadas (véase la Tabla 14) enfocadas a la práctica de la unidad Fundamentos de álgebra porque apuntaban en el fortalecimiento de presaberes básicos.

Tabla 14

Tareas asignadas a los grupos experimentales

Nombre de la tarea	Número de ejercicios
Evaluar expresiones con una sola variable	7
Evaluar expresiones con múltiples variables	4
Evaluar expresiones con múltiples variables: fracciones y decimales	4
Cuestionario 1. Con preguntas de las habilidades anteriores	5
Combinar términos semejantes con coeficientes negativos	7
Combinar términos semejantes con coeficientes negativos mediante la propiedad distributiva	4
Combinar términos semejantes con coeficientes racionales	4
Expresiones equivalentes	7
Cuestionario 2. Preguntas de las habilidades anteriores	5
Prueba de unidad	10
TOTAL	57

Nota. Elaboración propia.

Para alcanzar el 100 % de avance se requiere resolver correctamente al menos una vez cada tarea, lo que implica realizar correctamente un mínimo de 57 ejercicios. Este enfoque estructurado permite medir el progreso de los estudiantes de manera cuantitativa y detallada en cada una de las tareas asignadas (véase la Figura 14).

Figura 14

Actividades asignadas a los grupos experimentales: lista de tareas de la unidad Fundamentos de álgebra

The screenshot shows a user interface for assigning content. On the left is a sidebar with a menu for 'A145: Álgebra 1'. The main area is titled 'Panel del maestro Asigna contenido'. It includes a search bar with filters for 'Álgebra 1' and '3 tipos de contenido'. Below this, a tree view shows the unit 'Fundamentos de álgebra' expanded to show lessons: 'Introducción a variables' and 'Sustituir y evaluar expresiones'. Under these lessons, three exercise cards are listed: 'Evaluar expresiones con una sola variable' (7 questions), 'Evaluar expresiones con múltiples variables' (4 questions), and 'Evaluar expresiones con múltiples variables: fracciones y decimales' (4 questions). At the bottom, a 'Fundamentos de álgebra: cuestionario 1' is listed with 5 questions, including a summary and the two lessons above.

Nota. Tomado de Khan Academy (2024).

Para los grupos control, se estableció una meta de dominio de unidad específicamente la unidad Fundamentos de álgebra del curso Álgebra I (véase la Figura 15). Esta meta de dominio de unidad permite a los estudiantes optar por seguir un enfoque paso a paso o saltarse algunos recursos y completar únicamente la prueba de unidad. Al completar la prueba con precisión, los estudiantes pueden alcanzar el 100 %

de avance en la unidad, lo que equivale a responder correctamente a tan solo 10 ejercicios. No obstante, cualquier error en la prueba resultaría en una disminución del progreso total.

Figura 15

Actividades asignadas a los grupos control: meta de dominio de la unidad Fundamentos de álgebra

The screenshot shows the 'Asignar metas de dominio de curso o unidad' (Assign course or unit mastery goals) interface. On the left is a sidebar for 'Grupo B041: Álgebra 1' with navigation options like 'Resumen de actividad', 'Metas de dominio' (marked 'NUEVO'), 'Asignar', 'Avance', 'Tareas', 'Aprendizómetro', 'ADMIN', 'Estudiantes', and 'Configuración'. The main area is titled 'Panel del maestro' and 'Asignar metas de dominio de curso o unidad'. It includes a motivational message: 'Motiva a tus estudiantes a alcanzar la competencia en un curso o unidad asignando metas de dominio. Los estudiantes podrán trabajar en sus metas desde su página principal.' Below this are three steps: 1. 'Seleccionar curso' (Álgebra 1), 2. 'Seleccionar contenido' (with 'Dominio de unidad' selected and 'Fundamentos de álgebra (7 habilidades)' checked), and 3. 'Fijar fecha de entrega' (miércoles, mar. 8, 2023). At the bottom, it states 'Esta meta será asignada a Grupo B041 a todos los estudiantes' and includes a 'Crear 1 meta de unidad' button.

Nota. Tomado de Khan Academy (2024).

Para determinar si hay diferencias significativas en el rendimiento académico entre el grupo experimental (que recibió la intervención) y el de control (que no la recibió), se llevaron a cabo una serie de análisis estadísticos. Inicialmente, se realizaron pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk para evaluar si los datos seguían una distribución normal. Se consideró que los datos no tenían una distribución normal si el valor p resultante era igual o menor que 0.05 (Lee, 2022). Dado que las distribuciones no cumplían con los supuestos paramétricos, se procedió a verificar la homogeneidad de las varianzas mediante el test de Fligner, una alternativa no paramétrica. Si el valor p obtenido era mayor a 0.05, se infería la presencia de homogeneidad de varianza entre los grupos (Lee, 2022). Una vez confirmada la homogeneidad, se aplicó la prueba de Kruskal-

Wallis para investigar posibles diferencias en las medianas de los grupos (Lee, 2022). En caso de detectar diferencias significativas, se llevaron a cabo comparaciones post-hoc utilizando la prueba de Mann-Whitney, con corrección de significatividad para determinar qué grupos difieren entre sí (Lee, 2022). Todos estos análisis fueron realizados utilizando RStudio versión 4.2.3.

6.2. Resultados

Esta sección presenta los resultados del estudio, organizados en diferentes subsecciones para facilitar su comprensión. Primero, se muestran los resultados sobre las actitudes hacia las matemáticas, proporcionando una visión de las percepciones y sentimientos de los participantes hacia esta materia. Luego, se detallan los resultados relacionados con los presaberes matemáticos, evaluando el conocimiento previo de los participantes. Finalmente, se analizan los resultados de la intervención metodológica, examinando el impacto y la efectividad de las estrategias aplicadas.

6.2.1. Resultados de las actitudes hacia las matemáticas

El modelo teórico propuesto por Palacios et al. (2013), de cuatro factores, se comparó con la muestra de 181 participantes. El valor del estadístico chi-cuadrado (χ^2) fue de 2 601.45 con un valor p igual a 0.000. Según la literatura, un valor p menor a 0.05 indica un ajuste pobre de la muestra al modelo (Lewis, 2017; Walker y Smith, 2017). Además, se obtuvo un RMSEA de 0.16, lo que también se considera un ajuste pobre, al ser mayor de 0.08 (Cho et al., 2020; Curran et al., 2003). El CFI fue de 0.96 para la muestra, lo que indicaría un ajuste adecuado (por ser mayor de 0.95, según Lai, 2020). El TLI fue de 0.95 para la muestra, lo que indica un modelo teórico óptimo, por ser mayor o igual a 0.95 (Xia y Yang, 2019). Por otro lado, el SRMR fue 0.12. Aunque el SRMR es más eficaz que el RMSEA en rechazar modelos que no se ajustan en muestras pequeñas, como la considerada, se recomienda un punto de corte por debajo de 0.08 por ser la muestra mayor a 100 casos (Cho et al., 2020; Shi et al., 2019). Por consiguiente, a pesar del CFI y del TLI, los valores de los índices de RMSEA y SRMR no permiten confirmar el modelo teórico en la muestra considerada.

Capítulo 6

Dado que el AFC no da como resultado un buen ajuste del modelo propuesto a los datos, es una práctica válida realizar un AFE para explorar la estructura de los datos y comprender mejor qué factores subyacentes pueden estar presentes o cuál podría ser la razón por la que los ítems cambian de factor (Orçan, 2018). Esto puede ayudar a identificar posibles discrepancias entre el modelo teórico y los datos reales, y proporcionar datos útiles para el refinamiento del modelo. Al analizar el AFE con los datos de la muestra, la prueba de esfericidad de Bartlett arroja un valor de 4 067.447 con un valor p de 0.000 para 496 grados de libertad. Además, la medida de adecuación de la muestra con el coeficiente Kaiser-Meyer-Olin (KMO) fue de 0.920, lo que indica una buena adecuación de la muestra para el AFE. El determinante de la matriz de correlaciones fue extremadamente cercano a cero, lo que sugiere que las variables están altamente correlacionadas, y asegura la idoneidad del AFE. Todo lo anterior y lo expuesto en la Tabla 15 respalda la aplicabilidad del AFE en la muestra para comprender la estructura subyacente de los datos.

Tabla 15

Aspectos AFE de la muestra

Aspecto	Valor
Método de AFE	Rotación: PROMAX (Procrustean oblique rotation method with Kaiser normalization); Método: PA (Principal Axis Factoring); Software: RStudio versión 4.2.3.
Número de factores determinados	3
Porcentaje de varianza explicada	Factor 1: 38.9 %; Factor 2: 14.0 %; Factor 3: 5.9 % Varianza total explicada: 58.8 %
Índices del AFE de la muestra	RMSR: 0.05; TLI: 0.845; RMSEA: 0.078

Nota. Elaboración propia.

La Tabla 16 compara el modelo teórico con los datos observados en la muestra en términos de factores y preguntas específicas. Los resultados muestran los coeficientes que indican la fuerza y dirección de la relación entre las preguntas y los factores. Las filas

destacadas en gris indican las preguntas que presentan una asociación diferente con los factores en la muestra, en contraste con el modelo teórico.

Tabla 16

Comparativo por factores y por preguntas del modelo teórico EAM y la muestra

AFE Datos modelo teórico EAM				AFE Datos muestra				
F	I	CC	CE	F	I	F1	F2	F3
FACTOR 1: Percepción de incompetencia matemática	i10*	0.66	0.73	FACTOR 1: Autopercepción matemática negativa	i10*	0.63	-0.03	-0.03
	i12*	0.46	0.54		i11*	0.40	0.15	0.39
	i14*	0.64	0.58		i12*	0.46	0.14	0.33
	i22*	0.69	0.75		i14*	0.65	-0.02	0.02
	i25*	0.69	0.62		i21*	0.57	-0.12	0.13
	i27*	0.65	0.73		i22*	0.79	0.02	0.01
	i28*	0.74	0.80		i25*	0.74	-0.03	0.12
	i29*	0.75	0.77		i27*	0.78	0.13	-0.02
	i32*	0.46	0.54		i28*	0.78	0.06	-0.09
	i34*	0.72	0.74		i29*	0.84	-0.03	-0.10
FACTOR 2: Gusto por las matemáticas	i35*	0.70	0.80	i31*	0.62	0.07	0.27	
	i36*	0.73	0.82	i32*	0.55	0.00	0.25	
	i01	0.67	0.84	i34*	0.71	-0.04	0.00	
	i02	0.61	0.76	i35*	0.81	0.01	-0.03	
	i08	0.85	0.88	i36*	0.89	-0.07	-0.07	
	i09	0.43	0.64	FACTOR 2: Autopercepción matemática positiva	i01	0.10	0.80	0.01
	i11*	0.61	0.77		i02	0.11	0.74	0.04
	i16	0.69	0.77		i08	0.14	0.65	0.17
	i17*	0.48	0.68		i09	0.39	0.60	-0.18
	i19*	0.67	0.80		i13	-0.21	0.53	0.39
i20	0.69	0.67	i15		-0.35	0.64	0.34	

Capítulo 6

	i31*	0.66	0.80		i16	-0.13	0.80	0.11
	i38	0.79	0.71		i20	-0.09	0.53	0.10
	i39	0.84	0.81		i26	0.15	0.62	-0.06
FACTOR 3: Utilidad de las matemáticas	i06*	0.78	0.20		i30	-0.22	0.68	0.20
	i07*	0.67	0.10		i37	0.16	0.72	-0.33
	i15	0.70	0.38		i38	-0.01	0.78	-0.29
	i21*	0.54	0.17		i39	0.12	0.77	-0.15
FACTOR 4: Autoconcepto matemático	i13	0.59	0.65	FACTOR 3: Autopercepción matemática repulsiva	i06*	0.00	-0.08	0.49
	i26	0.40	0.55		i07*	0.36	-0.03	0.64
	i30	0.62	0.73		i17*	0.40	-0.03	0.50
	i37	0.53	0.60		i19*	0.40	0.03	0.51

Nota. F = Factor. I = Ítem. CC = Coeficiente de configuración. CE = Coeficiente estructural. F1 = Factor 1. F2= Factor 2. F3 = Factor 3. Los ítems con * tenían escala negativa y se transformaron en positiva. Elaboración propia.

El AFE reveló tres factores distintos relacionados con el autoconcepto y actitudes hacia las matemáticas en nuestra muestra (véase la Figura 16). A continuación, describimos cada uno de estos factores.

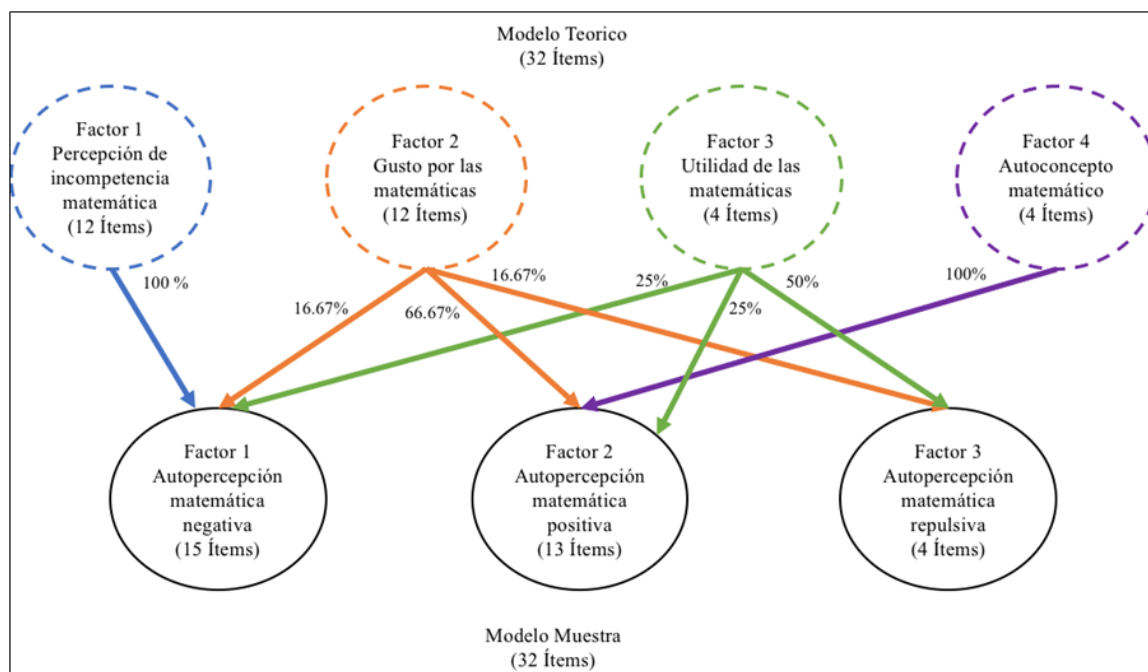
Factor 1: Autopercepción matemática negativa. En este factor, todos los ítems del modelo teórico se mantuvieron, lo que representa el 100 % de los ítems esperados. Sin embargo, se observó la inclusión de tres ítems adicionales, 2 de ellos procedentes del factor 2, *Gusto por las matemáticas*, y 1 del factor 3, *Utilidad de las matemáticas*, lo que aumentó el número total de ítems en este factor a 15. Este factor abarca aspectos negativos tanto del dominio afectivo como del autoconcepto matemático, los cuales apuntan hacia una falta de confianza en las habilidades matemáticas propias, dificultades para comprender los conceptos matemáticos, sentimientos de incapacidad y confusión, así como una sensación de desinterés y desánimo en el proceso de aprendizaje de las matemáticas.

Factor 2: Autopercepción matemática positiva. Aunque el 66.67 % de los ítems del modelo teórico se mantuvieron, se incorporaron 5 ítems adicionales a este factor, 4 de

ellos procedentes del factor 4, *Autoconcepto matemático*, del modelo teórico y 1 del factor 3, *Utilidad de las matemáticas*, del modelo teórico también. Este factor engloba aspectos positivos tanto del dominio afectivo como del autoconcepto matemático. Se distingue por un notable aprecio por las matemáticas, acompañado de una sensación de confort al enfrentar problemas y un disfrute evidente durante el proceso de estudio. Se percibe las matemáticas como una materia fácil de comprender, reflejando una confianza sólida en las habilidades matemáticas propias. Además, se sostiene una creencia arraigada en la utilidad y relevancia de las matemáticas en la vida cotidiana.

Figura 16

Porcentaje de cambio de ítems por factor en cada modelo



Nota. Elaboración propia.

Factor 3: *Autopercepción matemática repulsiva*. Aunque el 50 % de los ítems del modelo teórico se mantuvieron, se añadieron 2 ítems a este factor, provenientes del factor 2, *Gusto por las matemáticas*, del modelo teórico. Este factor aborda aspectos repulsivos tanto del dominio afectivo como del autoconcepto matemático. Se caracteriza por un fuerte desinterés y aversión hacia el estudio de las matemáticas, expresado a través de

sentimientos de intolerancia y aburrimiento hacia la materia, incluso en sus aspectos más básicos. Este factor sugiere una percepción de que las matemáticas son irrelevantes en la vida cotidiana y que deberían limitarse a ciertas áreas especializadas, lo que refleja el desprecio hacia la pertinencia de la matemática en diferentes aspectos de la vida.

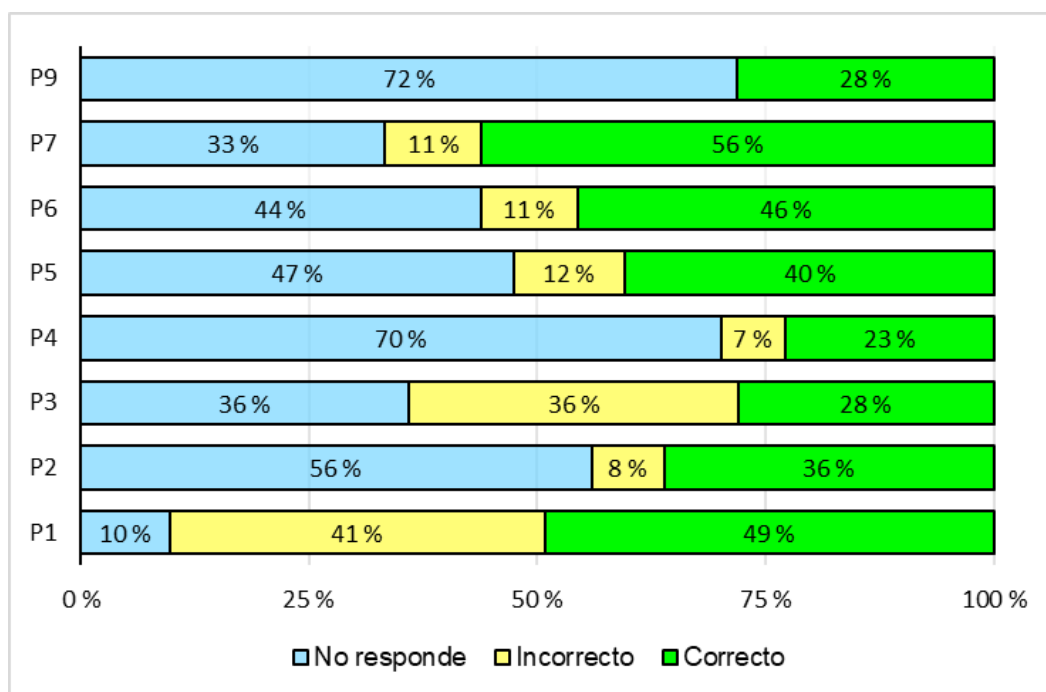
6.2.2. Resultados respecto a los presaberes matemáticos

6.2.2.1. Clasificación por tipo de respuesta

Los resultados descriptivos de los conocimientos previos en matemáticas se muestran en la Figura 17. En lo que respecta a categoría *No responde*, la pregunta con menor frecuencia fue P1, obteniendo un 10 %, mientras que la de mayor frecuencia fue P9, con un 72 %. En promedio, esta categoría representó el 47 % del total, siendo el tipo de respuestas más frecuente. En cuanto a la categoría *Incorrecto*, la pregunta con menor frecuencia fue P9, con un 0 %, mientras que la más alta fue P1, con un 41 %. En promedio, esta categoría representó el 15 % del total, siendo la más baja de las tres. Por último, en lo que respecta a la categoría *Correcto*, la pregunta con menor frecuencia fue P4, con un 23 %, mientras que la más alta fue P7, con un 56 %. En promedio, esta categoría representó el 39 % del total.

Figura 17

Clasificación de las preguntas por tipo de respuesta



Nota. Elaboración propia.

La Figura 18 muestra un procedimiento correcto al resolver la pregunta P3. Inicialmente, un estudiante agrupa términos semejantes, una estrategia fundamental en la resolución de problemas algebraicos. Posteriormente, procede a realizar operaciones con fracciones de manera precisa y coherente, siguiendo un orden lógico. Finalmente, simplifica la expresión resultante de manera correcta, lo que indica un buen dominio de los conceptos matemáticos necesarios para abordar la pregunta. Este procedimiento de resolución está alineado con los métodos empleados en Khan Academy para este tipo de ejercicios (véase la Figura 19).

Figura 18

Procedimiento correcto de un estudiante en P3

b) Realice la operación y dé la respuesta final en el recuadro. Valor 0.5

$$\frac{2}{5}k - \frac{3}{5} + \frac{1}{10}k = \left(\frac{2}{5} + \frac{1}{10}\right)k - \frac{3}{5} = \frac{4+1}{10} = \frac{5}{10}k - \frac{3}{5}$$

$$\frac{1}{2}k - \frac{3}{5}$$

$\begin{array}{r} 5 \ 10 \ 2 \\ 5 \ 5 \ 11 \\ \hline \end{array}$

$$= \frac{1}{2}k - \frac{3}{5}$$

Nota. Elaboración propia.

Figura 19

Explicación en Khan Academy relativa a la combinación de términos semejantes para simplificar expresiones

Combina términos semejantes para simplificar la expresión:
 Ingresa los coeficientes como fracciones propias o impropias o enteros simplificados.

$\frac{2}{5}k - \frac{3}{5} + \frac{1}{10}k$

1/3 Combina los **coeficientes** de los términos de k .

2/3 $\frac{2}{5}k - \frac{3}{5} + \frac{1}{10}k$

$= \left(\frac{2}{5} + \frac{1}{10}\right) \cdot k - \frac{3}{5}$ [\[Ocultar explicación\]](#)

Agrupar los coeficientes de k todos juntos.

$= \left(\frac{4}{10} + \frac{1}{10}\right) \cdot k - \frac{3}{5}$ [\[Ocultar explicación\]](#)

Vuelve a escribir $\frac{2}{5}$ como $\frac{4}{10}$ para tener un denominador

3/3 $= \left(\frac{5}{10}\right) \cdot k - \frac{3}{5}$

$= \left(\frac{1}{2}\right) \cdot k - \frac{3}{5}$ [\[Ocultar explicación\]](#)

Simplifica $\frac{5}{10}$ a $\frac{1}{2}$

$= \frac{1}{2}k - \frac{3}{5}$

La expresión simplificada es $\frac{1}{2}k - \frac{3}{5}$

Nota. Tomado de Khan Academy (2024).

La Figura 20 exhibe un procedimiento correcto al resolver la pregunta P6. Un estudiante comienza aplicando la ley distributiva y luego reescribe la expresión para agrupar términos semejantes, lo que demuestra una comprensión sólida de los principios

algebraicos. Finalmente, simplifica la expresión de manera adecuada, lo que confirma la solidez de su enfoque y comprensión. De nuevo, se muestran similitudes con los métodos utilizados en Khan Academy (véase la Figura 21).

Figura 20

Procedimiento correcto de un estudiante en P6

$$2(-2-4p) + 2(-2p-7)$$

$$-4-8p-4p-2$$

T. Semejantes

$$-4-2-8p-4p$$

$$-6-12p$$

Nota. Elaboración propia.

Figura 21

Explicación en Khan Academy relativa a la simplificación para crear una expresión equivalente

<p>Simplifica para crear una expresión equivalente.</p> $2(-n-3) - 7(5+2n)$ <p>Escoge 1 respuesta:</p> <p><input type="radio"/> (A) $-16n - 37$</p> <p><input type="radio"/> (B) $-16n - 41$</p> <p><input type="radio"/> (C) $16n - 41$</p> <p><input type="radio"/> (D) $16n + 41$</p>	<p>1/4 Distribuye el 2 a cada término dentro del primer paréntesis:</p> $2(-n-3) - 7(5+2n) = -2n - 6 - 7(5+2n)$ <p>2/4 Distribuye el -7 a cada término dentro del segundo paréntesis:</p> $-2n - 6 - 7(5+2n) = -2n - 6 - 35 - 14n$ <p>3/4 Vuelve a escribir la expresión para agrupar los términos de n y los términos numéricos y luego combina términos semejantes:</p> $-2n - 14n - 6 - 35 = -16n - 41$ <p>4/4 La expresión simplificada es $-16n - 41$.</p>
---	---

Nota. Tomado de Khan Academy (2024).

La Figura 22 ilustra un error de procedimiento cometido por un estudiante al abordar la pregunta P1. En este caso específico, se observa que el estudiante agrupa

Capítulo 6

términos que no son semejantes, lo que evidencia una interpretación incorrecta o una falta de comprensión de los conceptos involucrados.

Figura 22

Procedimiento incorrecto de un estudiante en P1

1. $-2(-5n+6) + 5(2-7n)$
 $10n+12+10-35n$ ✓
 $-2n-25n$ ✗
 $= -27n \Rightarrow$ Respuesta ✗

P. (Or

Nota. Elaboración propia.

En la Figura 23 se observan inconsistencias en el uso de operaciones con fracciones en la pregunta P7. Aunque un estudiante plantea correctamente la operación $(1/2) \cdot (2/1)$, comete el error de aplicar suma en lugar de multiplicación. Esta confusión en las operaciones fundamentales revela la necesidad de reforzar la comprensión de estos conceptos por parte del estudiante.

Figura 23

Procedimiento incorrecto de un estudiante en P7

$e = 1/2$ f cuando $e = 15$ y $f = 2$
 $15 - 1/2 \cdot 2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{1} = \frac{4}{2} = 2$
 $15 - 2 = 13$
 $= 13$

como es? P. fracciones mal

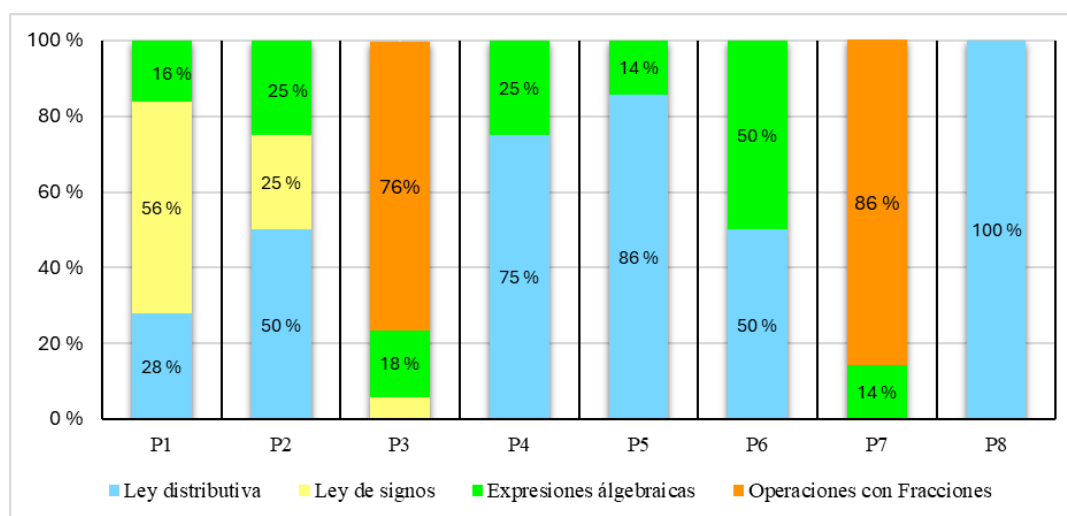
Nota. Elaboración propia.

6.2.2.2. Errores más frecuentes

Después de un análisis detallado de los procesos de los estudiantes en la categoría *Incorrecto*, la Figura 24 presenta un gráfico detallado de los errores más recurrentes en conocimientos previos en matemáticas, evidenciados en las preguntas P1, P2, ..., P9. Es importante destacar el error asociado con la *ley distributiva*, el cual se evidencia con mayor frecuencia en cinco preguntas: P2, P4, P5, P6 y P8. La *ley distributiva* representó, globalmente, el 49 % de los errores más comunes en este análisis. En lo que respecta a las *expresiones algebraicas*, se observó un patrón de errores distribuido de manera más uniforme entre las distintas preguntas, sin que ninguna en particular sobresaliera. En promedio, las *expresiones algebraicas* representaron el 20 % de los errores identificados. Por otro lado, en cuanto a las *operaciones con fracciones*, las preguntas P3 y P7 mostraron las mayores incidencias de este tipo de error. En términos de promedio, las fracciones contribuyeron con el 20 % de los errores identificados. Además, se detectaron errores relacionados con la *ley de signos*, los cuales se presentaron con mayor frecuencia en las preguntas P1 y P2. En promedio, la *ley de signos* representó el 11 % de los errores más frecuentes identificados en este estudio.

Figura 24

Errores más frecuentes alusivos a los presaberes matemáticos



Nota. Elaboración propia.

Capítulo 6

A continuación, se muestran algunos ejemplos de estos cuatro tipos de errores más frecuentes.

- Ley distributiva. La Figura 25 describe un error en la aplicación de la propiedad distributiva en la pregunta P5. En el ejercicio, un estudiante comienza por agrupar los términos semejantes $-r$ y $-5r$ sin aplicar previamente la propiedad distributiva. Luego, procede a multiplicar 8 por -2 , obteniendo como resultado $-6r-16$. Este enfoque evidencia una omisión del paso inicial de distribuir el factor exterior dentro de los paréntesis antes de combinar términos similares, lo que resulta en un procedimiento incorrecto.

Figura 25

Error de un estudiante en relación con la propiedad distributiva en P5

$$\begin{aligned} & -r + 8(-5r - 2) = \\ & -r + 8(-5r - 2) = -r - 5r = -6r \\ & + 8 \cdot -2 = -16 = -6r - 16 \end{aligned}$$

Nota. Elaboración propia.

- Expresiones algebraicas. La Figura 26 reporta un error en expresiones algebraicas en la pregunta P3, donde después de obtener la respuesta correcta $(1/2)k - (3/5)$, el estudiante añade procesos incorrectos, como plantear una ecuación para encontrar el valor de k . Esta acción evidencia una falta de discernimiento sobre la naturaleza y manipulación adecuada de las expresiones algebraicas.

Figura 26

Error de un estudiante en relación con las expresiones algebraicas en P3

b) Realice la operación y dé la respuesta final en el recuadro. Valor 0.5

$$\frac{2}{5}k - \frac{3}{5} + \frac{1}{10}k = \frac{2}{5}k + \frac{1}{10}k - \frac{3}{5} = \frac{4+1}{10}k - \frac{3}{5} = \frac{5}{10}k - \frac{3}{5} = \frac{1}{2}k - \frac{3}{5}$$

$k = \frac{6}{5}$

Nota. Elaboración propia.

- Fracciones. En la Figura 27 se observa un error en las operaciones con fracciones en la pregunta P3, específicamente en el proceso de simplificación. Después de abordar las operaciones más complejas, el estudiante comete un error al simplificar 154 en 2 en la parte superior de la fracción, lo que demuestra una falta de dominio en la manipulación de fracciones.

Figura 27

Error de un estudiante en relación con las operaciones con fracciones en P3

b) Realice la operación y dé la respuesta final en el recuadro.

Evalúa $\frac{3}{7}r + \frac{5}{8}s$ cuando $r = 14$ y $s = 8$.

$\frac{3}{7} \cdot 14 + \frac{5}{8} \cdot 8 =$

$\frac{42}{7} + \frac{40}{8} = \frac{336 + 280}{56} = \frac{616}{56} = \frac{74}{7}$

Ningún éxito está demasiado distante para quien se prepara y no se cansa de trabajar por conseguirlo.

NO simplifico, Resolvo fracciones, simplifico m

$\frac{42}{336} + \frac{40}{280} = \frac{336}{616} = \frac{308}{280} = \frac{154}{140} = \frac{74}{70} = \frac{37}{35}$

Nota. Elaboración propia.

- Ley de signos. En la Figura 28 se exponen las discrepancias relacionadas con la aplicación de la ley de signos. En la expresión $-(5-r)$ el estudiante erróneamente concluye que el resultado es $+5-r$, lo cual contradice el principio básico de cambiar los signos dentro de los paréntesis al distribuir el -1 . Este error revela una falta de comprensión en la manipulación adecuada de los signos en expresiones algebraicas.

Figura 28

Error de un estudiante en relación con la ley de signos en P1

$$\begin{array}{l}
 6(5r - 11) - (5 - r) \\
 6 \cdot 5r - 11 + 5 - r \\
 30r - 66 + 5 - r \\
 30r + r + 66 - 5 \\
 30r^2 + 66 - 5 \\
 96r^2 - 5 = 91r^2
 \end{array}$$

Nota. Elaboración propia.

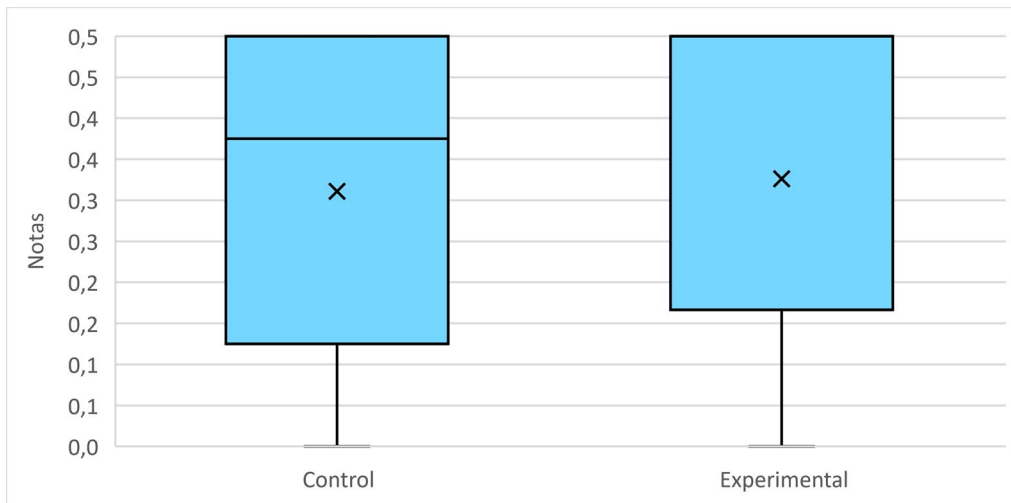
6.2.3. Resultados de la intervención metodológica

6.2.3.1. Resultados por docente

En relación con D1, se observó que los datos no seguían una distribución normal, según la prueba de Shapiro-Wilk (valor $p = 0.000$). Sin embargo, la prueba de Fligner reveló que no había diferencias significativas entre las varianzas de los grupos (valor $p = 0.920$), lo que sugiere homogeneidad de varianza (véase la Figura 29). Posteriormente, al aplicar la prueba de Kruskal-Wallis, se encontró significancia en las diferencias entre al menos 4 grupos, con un valor chi-cuadrado de 16.273 y un valor p de 0.003. No obstante, al realizar comparaciones post-hoc mediante la prueba de Mann-Whitney entre cada par de grupos, con corrección de significancia, no revelaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo control y el grupo experimental (valor $p = 0.700$).

Figura 29

Diagrama de caja de la nota según el tipo de estudio para D1

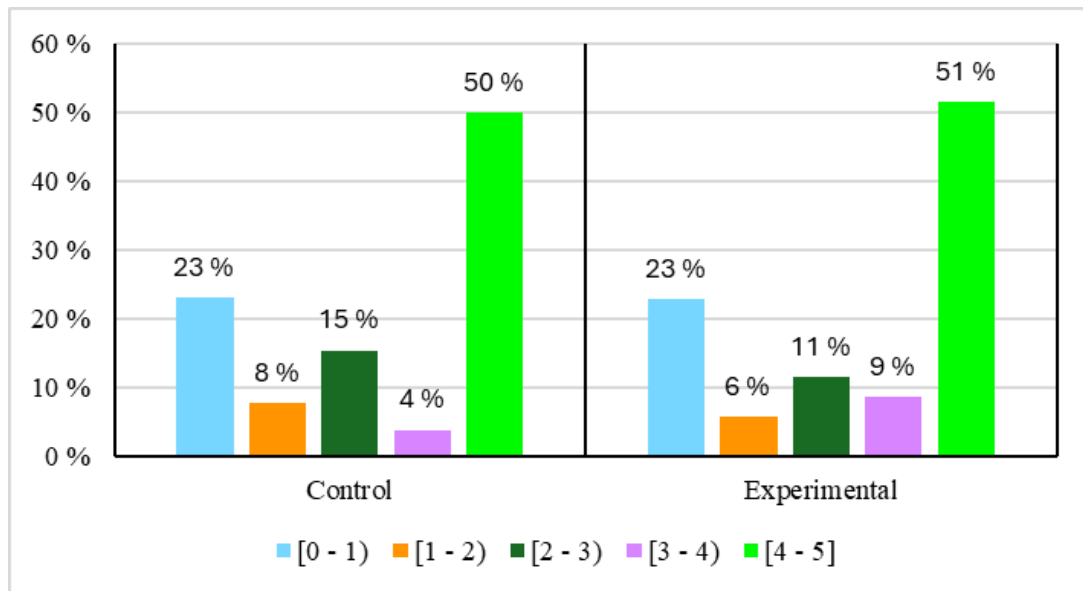


Nota. Elaboración propia.

La Figura 30 presenta los histogramas que representan las notas obtenidas en cada grupo del docente D1. Se observa que el coeficiente de asimetría del grupo control es de -0.5 , indicando una distribución aproximadamente simétrica, mientras que el del grupo experimental es de -0.6 , mostrando asimetría con sesgo a la izquierda. En cuanto a las tendencias centrales de las notas para la asignatura de Matemática I bajo la enseñanza del docente D1, se encontraron las siguientes medidas: Para el grupo control, la media fue de 3.1 y la mediana de 3.8, con una desviación estándar de 2.1. Por otro lado, en el grupo experimental, la media fue de 3.3, la mediana de 5.0 y la desviación estándar de 2.0. Aunque las medias y las desviaciones estándar de ambos grupos son similares, la mediana es más alta en el grupo experimental. En lo referente al progreso en Khan Academy, en la escala del 0 % al 100 %, se observó que el avance promedio del grupo control fue del 77 %, mientras que en el grupo experimental fue del 95 %.

Figura 30

Histograma de notas para D1

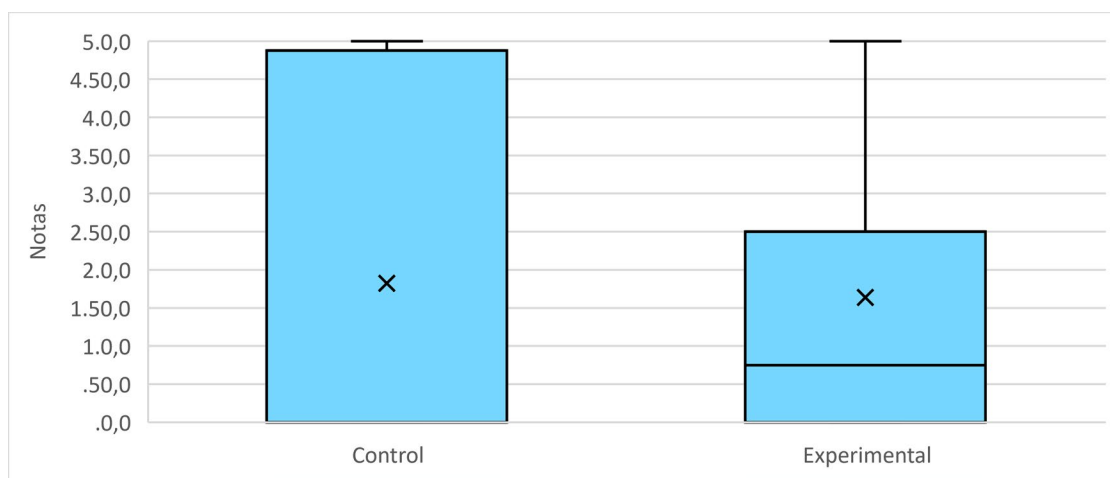


Nota. Elaboración propia.

En relación con D2, se identificó una falta de normalidad en los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk (valor $p = 0.000$). No obstante, la prueba de Fligner mostró que no había diferencias significativas entre las varianzas de los grupos (valor $p = 0.700$), cumpliendo con el criterio de homocedasticidad (véase la Figura 31). Al aplicar la prueba de Kruskal-Wallis, se encontró significancia en las diferencias entre al menos 4 grupos, con un valor chi-cuadrado de 16.3 (con 4 grados de libertad) y un valor p de 0.003. A pesar de ello, las comparaciones post-hoc mediante la prueba de Mann-Whitney con corrección de significancia no revelaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo control y el experimental (valor $p = 0.900$).

Figura 31

Diagrama de caja de la nota según el tipo de estudio para D2

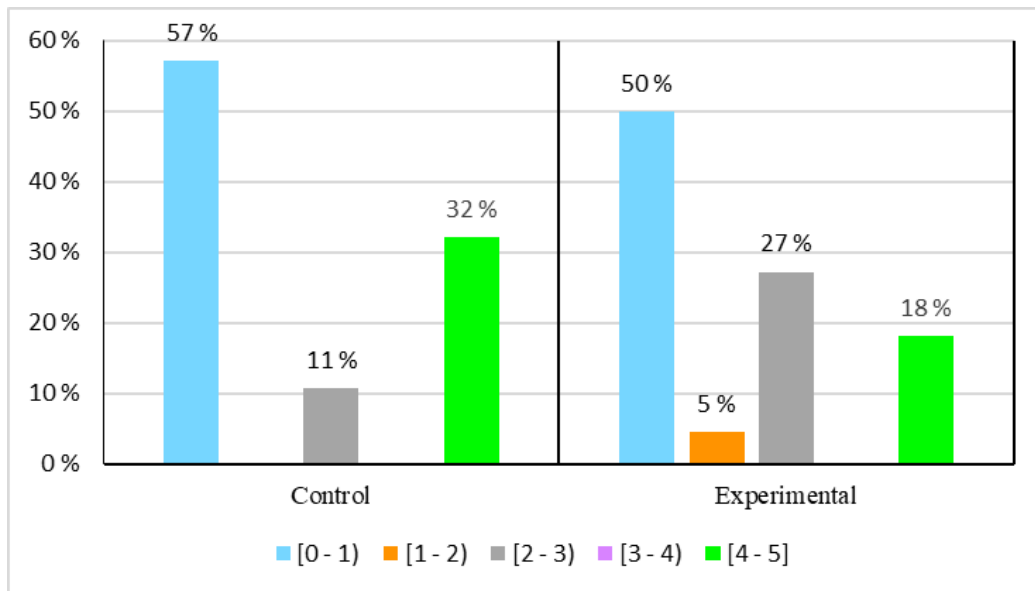


Nota. Elaboración propia.

La Figura 32 muestra los histogramas de las notas obtenidas en cada grupo bajo la enseñanza del docente D2, donde se observa que ambas distribuciones son asimétricas con sesgo a la derecha. Este hecho se confirma mediante el coeficiente de asimetría, dado que el grupo de control tiene un coeficiente de asimetría de 0.6, mientras que el grupo experimental presenta un coeficiente de asimetría de 0.7. En cuanto a las tendencias centrales de las notas para la asignatura de Matemática I bajo la enseñanza del docente D2, se encontraron las siguientes medidas: Para el grupo control, la media fue de 1.8 y la mediana de 0.0, con una desviación estándar de 2.3. Por otro lado, en el grupo experimental, la media fue de 1.6, la mediana de 0.8 y la desviación estándar de 1.9. Aunque ambas distribuciones muestran un sesgo hacia la derecha, el grupo experimental presenta una mediana ligeramente más alta y una desviación estándar ligeramente menor en comparación con el grupo control. En cuanto al progreso en Khan Academy, se encontró que el avance promedio del grupo control fue del 76 %, mientras que en el grupo experimental fue del 71 %.

Figura 32

Histograma de notas para D2

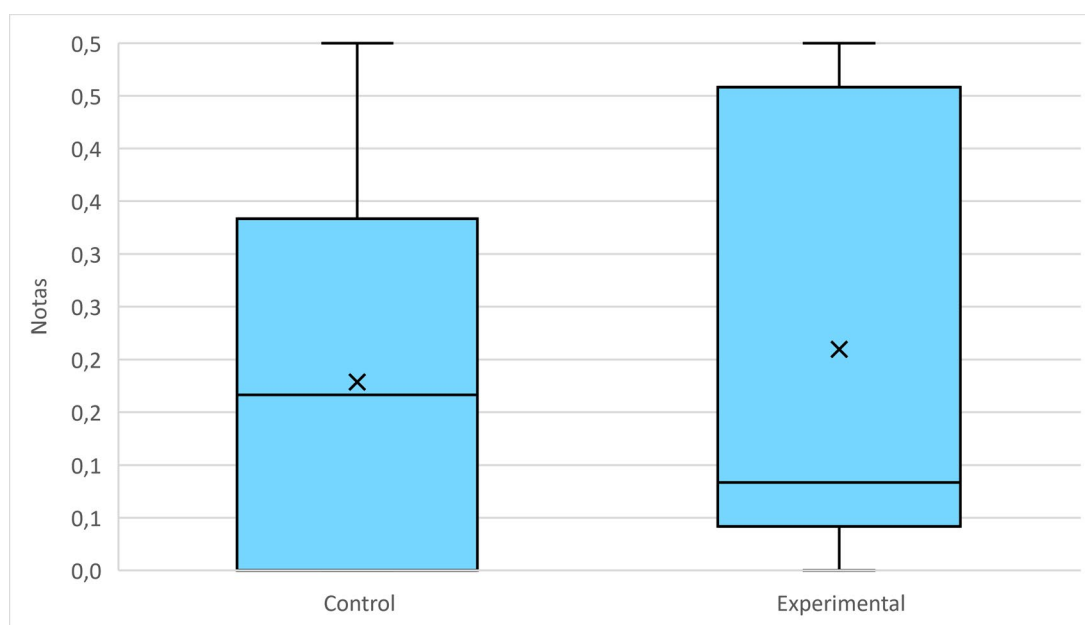


Nota. Elaboración propia.

En relación con D3, se observó una falta de normalidad en los datos según la prueba de Shapiro-Wilk (valor $p = 0.000$). Sin embargo, la prueba de Fligner indicó que no había diferencias significativas entre las varianzas de los grupos con valor p de 0.890 (véase la Figura 33). Al realizar la prueba de Kruskal-Wallis, se encontró significancia en las diferencias entre al menos 6 grupos, con un valor chi-cuadrado de 24.804 (con 6 grados de libertad) y un valor p de 0.0003. A pesar de estos resultados, las comparaciones post-hoc mediante la prueba de Mann-Whitney, con corrección de significancia, no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo control y el experimental (valor $p = 0.400$).

Figura 33

Diagrama de caja de la nota según el tipo de estudio para D3

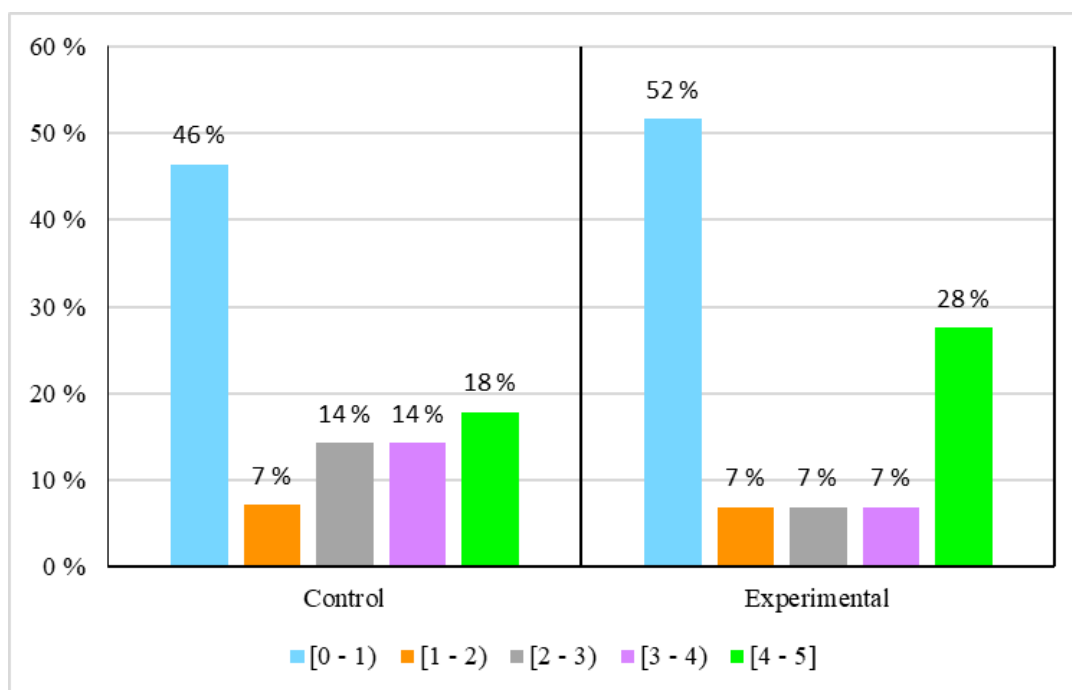


Nota. Elaboración propia.

La Figura 34 presenta los histogramas de las notas obtenidas en cada grupo bajo la enseñanza del docente D3. Se destaca que el coeficiente de asimetría del grupo control es de 0.3, sugiriendo una distribución aproximadamente simétrica, mientras que en el grupo experimental es de 0.5, también aproximadamente simétrica. En cuanto a las tendencias centrales de las notas para la asignatura de Álgebra Superior bajo la enseñanza del docente D3, se encontraron las siguientes medidas: En el grupo control, la media fue de 1.8 y la mediana de 1.7, con una desviación estándar de 1.7. Por otro lado, en el grupo experimental, la media fue de 2.1, la mediana de 0.8 y la desviación estándar de 2.0. Se observa que el grupo experimental exhibe una media más alta en comparación con el grupo control, aunque la mediana es más baja. En cuanto a la variación, se aprecia que el grupo experimental tiene una mayor dispersión en las notas, mostrando una tendencia hacia notas más altas, pero con una variabilidad más amplia en comparación con el grupo control. En cuanto al progreso en Khan Academy, se encontró que el avance promedio del grupo control fue del 50 %, mientras que en el grupo experimental fue del 70 %.

Figura 34

Histograma de notas para D3



Nota. Elaboración propia.

6.3. Discusión

En los últimos años ha imperado en el ámbito educativo la necesidad de implementar enfoques pedagógicos que promuevan la comprensión profunda de los conceptos matemáticos fundamentales, así como su aplicación práctica. Sin embargo, para lograrlo se precisa de recursos de apoyo y tutoría en las diferentes modalidades existentes, presencial y virtual, a fin de abordar las necesidades y los desafíos de los estudiantes. Teniendo en cuenta lo anterior el presente estudio tenía como objetivo principal evaluar un instrumento previamente desarrollado por Palacios et al. (2013) aplicado a estudiantes de primer ingreso que utilizaron la plataforma Khan Academy y el entrenamiento en línea PREIN.

Los resultados del estudio fueron sometidos a pruebas de AFC, las cuales revelaron que el tamaño de la muestra no era suficiente para validar dicho instrumento, lo que

planteó la necesidad de realizar un AFE. Este nuevo análisis reveló que los ítems diferían en los factores, dando como resultado tres nuevos factores que explicaban tanto las actitudes hacia las matemáticas como el autoconcepto matemático en el contexto de la educación superior. Los factores obtenidos fueron *Autopercepción matemática negativa*, *Autopercepción matemática positiva* y *Autopercepción matemática repulsiva*, que divergen del modelo teórico propuesto para el estudio, lo que resalta la complejidad y la dinámica cambiante de las actitudes hacia las matemáticas en este grupo demográfico.

El factor 1, *Autopercepción matemática negativa*, refleja una preocupante tendencia hacia la falta de motivación, incompetencia e inseguridad en las habilidades matemáticas entre los encuestados, como menciona Gómez-Chacón (2009) esto puede tener implicaciones significativas en su desempeño académico y en su actitud hacia esta disciplina. Si bien este factor se alinea con el modelo teórico propuesto, es importante destacar que existen discrepancias entre la interpretación de los ítems por parte de los participantes y la concepción teórica, lo que sugiere la necesidad de revisar y refinar los enfoques utilizados para evaluar las actitudes hacia las matemáticas (Hill y Hannafin, 2001).

Por otro lado, el factor 2, *Autopercepción matemática positiva*, también arroja luz sobre la complejidad de medir este aspecto. Si bien se observa cierta coherencia en algunos ítems, las discrepancias en otros indican variaciones en la interpretación y conceptualización de los factores entre el modelo teórico y la muestra (Hosein y Harle, 2018). Esto entonces, subraya la importancia de considerar la diversidad de perspectivas y experiencias individuales al evaluar las actitudes hacia las matemáticas, así como la necesidad de desarrollar enfoques más refinados y sensibles para capturar la complejidad de este constructo (Di Martino et al., 2023).

El factor 3, *Autopercepción matemática repulsiva*, representa una actitud de rechazo activo hacia las matemáticas, en la que los individuos no solo se sienten ineptos, sino que también manifiestan una fuerte aversión hacia esta materia. Este descubrimiento es significativo, ya que indica que no solo la falta de habilidades o la baja autoconfianza influyen en las actitudes hacia las matemáticas, sino también las emociones negativas

intensas y el rechazo. Estudios recientes señalan que la aversión y el rechazo activo pueden predecir con fuerza el abandono de cursos relacionados con las matemáticas y carreras STEM (Ingle, 2023). Esto subraya la importancia de implementar intervenciones tempranas y adecuadas para abordar tanto las habilidades y la confianza como las emociones negativas vinculadas a las matemáticas.

Es así como los nuevos factores identificados en el análisis exploratorio subrayan la necesidad urgente de implementar estrategias de mejora en la autopercepción matemática de los estudiantes. Esto implica abordar no solo el dominio afectivo, sino también el autoconcepto matemático y aspectos sociotecnológicos implícitos en el proceso de aprendizaje de las matemáticas. Esto coincide con lo mencionado por Di Martino et al. (2023), quienes confirman la necesidad de abordar las complejas interacciones entre actitudes hacia las matemáticas, presaberes matemáticos, herramientas tecnológicas y el rendimiento académico de los estudiantes desde enfoques multidisciplinarios y sensibles al contexto, ya que, según McLeod (1992), los estudiantes pueden llevar consigo percepciones arraigadas sobre su habilidad en matemáticas, y los errores cometidos pueden afectar su autoconfianza y autoestima creando así sentimientos arraigados de desprecio y repulsión hacia la pertinencia matemática en los diferentes ámbitos. Estas discrepancias plantean interrogantes sobre la efectividad de los métodos de enseñanza utilizados en la educación temprana (Gómez-Chacón, 2009), mientras que factores como el uso de tecnologías educativas, experiencias pasadas, interacciones sociales y prácticas educativas añaden complejidad al panorama educativo (Aldalur y Pérez, 2023; Maatuk et al., 2022).

En cuanto a la comparación entre tareas guiadas y metas de dominio, es importante reconocer que ambos enfoques pueden ser efectivos dependiendo de los contextos específicos y las necesidades individuales de los estudiantes. Según Cheng et al. (2019), las metas de dominio pueden proporcionar una visión y una estructura general para el aprendizaje, lo que puede ser útil para algunos estudiantes. Por otro lado, según Barana et al. (2021), las tareas guiadas pueden ser más efectivas para la construcción de la fluidez procedimental y conceptual, ya que ofrecen una dirección más específica y adaptada a las

necesidades individuales de los estudiantes. No obstante, los resultados del estudio experimental no revelaron diferencias estadísticamente significativas entre el rendimiento académico de los estudiantes que utilizaron Khan Academy bajo la modalidad de tareas guiadas (grupo experimental) y aquellos que lo hicieron bajo la modalidad de metas de dominio (grupo control). Si bien es innegable que factores como el compromiso individual del estudiante y los valores éticos pueden ejercer una influencia significativa en los resultados de cualquier trabajo independiente, el análisis cualitativo de los presaberes matemáticos arroja luz sobre una reveladora similitud entre las respuestas de los estudiantes y los procesos enseñados en Khan Academy (Maatuk et al., 2022). Este descubrimiento sugiere que la plataforma Khan Academy no solo destaca por ofrecer contenido académico riguroso, sino que también proporciona un marco de referencia efectivo que resuena con los conocimientos previos de los estudiantes.

Sin embargo, es crucial reconocer que estas afirmaciones están sujetas a debate. Mientras autores como Rueda-Gómez y Rodríguez-Muñiz (2020), así como Vidergor y Ben-Amram (2020), destacan los beneficios de Khan Academy en términos de mejorar el dominio afectivo, incrementar el autoconcepto matemático y servir de apoyo en el proceso educativo, otros investigadores, como Çevikbaş y Kaiser (2020), podrían cuestionar la extrapolación de estos hallazgos a diversos contextos educativos. Además, la eficacia de Khan Academy podría fluctuar en función de la motivación individual y el compromiso de los estudiantes, así como la calidad de la implementación por parte de los educadores. En resumen, si bien la evidencia respalda en gran medida el impacto positivo de Khan Academy en el aprendizaje matemático y el desarrollo de actitudes favorables hacia la disciplina, persisten interrogantes sobre la generalización de estos resultados y la necesidad de considerar múltiples variables que puedan influir en la experiencia educativa.

CAPÍTULO 7

Conclusiones y líneas futuras

En este capítulo de conclusiones y líneas futuras, se integran los estudios teóricos y empíricos previos, en consonancia con el enfoque investigativo mixto adoptado. La investigación abordada, en el contexto de la educación superior, genera un apoyo sustancial al docente universitario, pero básicamente, muestra un proceso de prestación de apoyo a los estudiantes que buscan construir o fortalecer conocimientos con una visión autónoma y versátil, permitiendo de esta manera una inmersión en la disciplina matemática, que fundamenta la aplicación de diversos constructos teóricos en los futuros profesionales. El objetivo general de esta tesis ha sido diseñar, implementar y analizar una propuesta metodológica para fortalecer la fundamentación conceptual matemática de los estudiantes que ingresan a la educación superior, mediante el uso de la plataforma educativa gratuita Khan Academy. Este objetivo principal se ha complementado con seis objetivos específicos que guiaron la investigación hacia la consecución de las respuestas a las preguntas de investigación planteadas en el Capítulo 1.

Para dar respuesta a las preguntas de investigación, fue necesario transitar por una serie de reflexiones a profundidad, en lo que tiene que ver con estudios estadísticos y procesos de análisis epistémicos que conllevan la superación de deficiencias y limitaciones de diversos estudios, teniendo en cuenta la fundamentación teórica y las políticas que rodean tanto los aspectos educativos como los aspectos de las herramientas

virtuales, necesarias en este caso, para llegar al modelo teórico como una apuesta doctoral, que permite a futuro, proponer nuevas visiones, ajustes y modificaciones, siempre buscando soportar el apoyo necesario a estudiantes de nuevo ingreso, que construirán nuevos conocimientos y que, bajo conceptos de permanencia, pensamiento crítico y autoaprendizaje, elevarán los niveles de alta calidad en la educación superior.

A continuación, se concretan las respuestas a las preguntas de investigación, que se soportan bajo el cumplimiento de los objetivos, evidenciando su relación.

7.1. Principales resultados, relación con los objetivos de investigación y limitaciones

La coherencia entre el objetivo general de investigación está directamente relacionada con las preguntas de investigación, como una necesidad a la propuesta de una alternativa doctoral, en donde su aproximación teórica no solo busca aportar una solución de la necesidad apreciada en el entorno educativo, sino entender las diversas aristas que vinculan los procesos educativos virtuales. Por ello, a continuación, se hará una disertación sobre los resultados logrados, relacionados con los objetivos específicos, que permitieron alcanzar el cumplimiento del objetivo general, y con ello, dar el sentido científico y filosófico a las respuestas a las preguntas de investigación.

- OE1. Diseñar e implementar un curso de entrenamiento en línea a estudiantes de nuevo ingreso con el fin de fortalecer los presaberes matemáticos.

Los procesos de actualización de estrategias, implementación de ayudas, búsqueda de fortalecimiento en la construcción de saberes, puesta en práctica de metodologías activas de aprendizaje y en general las diversas opciones que contribuyan al cumplimiento del fin educativo, han encausado los esfuerzos de las instituciones de educación superior, al uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, como una herramienta que impacta los procesos de enseñanza y aprendizaje, al innovar y enriquecer los métodos tradicionales, en los que el centro de la formación era el docente. En el caso de la investigación doctoral que se presenta en este documento, se utilizó la plataforma Khan Academy, una plataforma libre de aprendizaje en línea, para diseñar e

implementar un curso de entrenamiento matemático, de manera que impactara en todos los estudiantes de nuevo ingreso de las UTS, como un adiestramiento enfocado en el fortalecimiento de presaberes matemáticos, para robustecer la construcción de conocimientos matemáticos de los diversos cursos de su formación profesional. Se seleccionó las UTS, por ser una institución de carácter público, sin la exigencia de un puntaje cuantificado para su ingreso y en la cual se aprecia un alto porcentaje de estudiantes con ayudas económicas provenientes del estado colombiano. Esto implica que quienes ingresan a las UTS buscando una formación profesional, pudieran ser estudiantes que llevan un significativo tiempo sin estar en las aulas o por el contrario, estudiantes que aún recién graduados en su nivel de formación de Educación Media, no poseen los niveles de alta calidad en conocimientos matemáticos, lo cual exige una atención especial, para apoyar a esta población que se encuentra ávida de conocimientos.

El caso observado en las UTS, como una experiencia exitosa, logró evidenciar la implementación del curso de entrenamiento en línea PREIN, utilizado como una estrategia que ha servido como mediadora de dos grandes aspectos como son las falencias matemáticas y el aprendizaje autónomo, en estudiantes de la Facultad de Ciencias Socioeconómicas Empresariales y de la Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías. Dicha implementación se viene ejecutando desde el segundo semestre del 2018 hasta la actualidad, incluyendo el período de la pandemia del coronavirus (COVID-19) y se han visto beneficiados en este lapso, más de 20 000 estudiantes (véase la Tabla 1). Igualmente, esta estrategia apoya a docentes que ven en el uso de las TIC, la alternativa dinámica, versátil y atractiva para que los estudiantes se vean motivados hacia el área de las matemáticas, como la opción que permite ejecutar procesos en su tiempo y con la oportunidad de realizar procesos que permiten acompañar al estudiante para evaluar toda la evolución de las actividades realizadas.

- OE2. Comparar las tasas de cancelación, reprobación, aprobación y desempeño académico en función de que los estudiantes hayan o no realizado el entrenamiento en línea PREIN.

En este momento es oportuno expresar que el contexto en el que se aplicó la investigación doctoral fue particular, porque se tiene una ventana de observación desde 2018 hasta el segundo semestre de 2023. Esta observación se desarrolló en un ambiente de una IES, con estudiantes que se encuentran en un entorno socioeconómico de gran producción comercial, pero que, a nivel personal, se ubican en los estratos socioeconómicos más bajos (1, 2 y 3).

Al revisar lo presentado en la Tabla 2, durante los últimos 10 semestres consecutivos se ha evidenciado consistentemente que los estudiantes que participaron en el entrenamiento en línea PREIN mostraron mayores tasas de aprobación, menores tasas de pérdida y cancelación, y un rendimiento académico promedio superior en comparación con aquellos que no realizaron el programa PREIN. Este patrón refleja la efectividad del programa en fortalecer la preparación académica y la retención estudiantil en las UTS siendo este un indicador que el Ministerio de Educación Nacional tiene en cuenta, para realizar los procesos de acreditación y registros de alta calidad.

Sin embargo, a partir del segundo semestre de 2022, se observó un cambio significativo en las tasas de cancelación para ambos grupos. Por ejemplo, en el segundo semestre de 2023, el grupo PREIN experimentó un incremento notable en la tasa de cancelación, alcanzando un máximo del 25 %, mientras que el grupo NO PREIN también mostró un aumento significativo con una tasa del 60 %. Esta variación inesperada podría atribuirse a factores externos o cambios en las condiciones institucionales, lo que sugiere nuevos desafíos en términos de retención estudiantil y éxito académico que requieren atención adicional y ajustes estratégicos en futuras implementaciones del programa PREIN. En este sentido, los resultados de esta investigación han demostrado que el uso de Khan Academy, se presenta con un impacto positivo en las tasas de aprobación, así como una reducción en los índices de deserción, pérdida y abandono, durante la implementación de la estrategia.

Por tanto, los resultados obtenidos en relación con OE1 y OE2 permiten responder de forma positiva a las preguntas de investigación 1 y 2, ya que se ha demostrado que el entrenamiento en línea PREIN favorece la retención estudiantil y los porcentajes de

aprobación en las asignaturas del área de matemáticas de los estudiantes que ingresan a la educación superior. Además, los distintos resultados se han obtenido en estudiantes provenientes de cualquier estrato social, particularmente de los estratos más bajos, donde las falencias en los presaberes son más grandes. Esto demuestra que el entrenamiento en línea PREIN ha contribuido a la disminución de brechas de desigualdad cognitiva, aportando al desarrollo profesional de los futuros graduados, sin importar su nivel socioeconómico.

- OE3. Medir las relaciones entre autoconcepto matemático, avance en el entrenamiento en línea PREIN y rendimiento académico en la práctica matemática de estudiantes universitarios de nuevo ingreso.

El uso de los recursos de Khan Academy permite ampliar las oportunidades de retención de los estudiantes menos favorecidos y contribuye a facilitar su acceso a la información, adaptándose a las diversas necesidades educativas, personales, familiares y sociales de dichos estudiantes de IES. Más concretamente, el uso de una metodología de aprendizaje enriquecida con vídeos, materiales interactivos y retroalimentación instantánea fomenta el aprendizaje autónomo de los estudiantes y mejora su autoconcepto matemático (Soufi et al., 2014), facilita su acceso, si bien hay que tener en cuenta que los resultados indican que la mayoría de los estudiantes se conectan a través de teléfonos inteligentes, lo que dificulta la lectura o escritura de documentos, a la vez que facilita el acceso a recursos de video y audiovisuales.

El estudio expuesto en el Capítulo 4 demuestra una relación directa entre el autoconcepto matemático y el rendimiento académico de los nuevos estudiantes que utilizan herramientas tecnológicas como Khan Academy. El uso de este tipo de herramientas fomenta el aprendizaje autónomo de los estudiantes mediante videos y prácticas interactivas a las que pueden acceder en cualquier momento a través de diversos medios tecnológicos. Esto les facilita compatibilizar sus tareas del día a día con su actividad académica y contribuye a reducir la brecha tecnológica y educativa entre la vida dentro y fuera del aula (Pereira et al., 2019).

Los resultados de este estudio aportan información importante para los educadores y los responsables de formular políticas educativas, especialmente en entornos sociales o geográficos similares, en la construcción de ambientes de aula y el diseño de currículos y estrategias de refuerzo en línea que promuevan el aprendizaje autónomo a través de las TIC. Se busca potenciar el autoconcepto matemático y dinamizar la formación de los estudiantes, fortaleciendo el acompañamiento académico y, con ello, reduciendo las marcadas desigualdades académicas en las IES públicas, como la aquí considerada, resaltando su importante papel en una sociedad como la colombiana.

Entre las limitaciones del estudio, cabe destacar que, a pesar del gran tamaño de la muestra, no se trató de un estudio censal, y la selección de la muestra no fue aleatoria, sino que estuvo afectada por la información disponible de los estudiantes. Esto puede ocultar información importante a quienes no respondieron al cuestionario de autoconcepto matemático, aunque los resultados sobre la relación entre el desempeño y la formación en línea fueron de la cohorte completa en Rueda-Gómez y Rodríguez-Muñiz (2020), y la diferencia en términos de desempeño promedio es menor a 0.4 puntos en la puntuación (estadísticamente significativa), favorable a los de la submuestra considerada aquí. Adicionalmente, al no ser un ensayo controlado aleatorizado, los resultados, aun siendo relevantes, no pueden generalizarse a toda la población universitaria colombiana.

Por tanto, estos resultados permiten, por un lado, corroborar nuevamente de manera positiva las preguntas de investigación 1 y 2, evidenciando que se puede mejorar el rendimiento académico de los estudiantes de nuevo ingreso y, además, mejorar el autoconcepto matemático. No obstante, debemos responder negativamente a la pregunta de investigación 3, ya que, por un lado, se pudo constatar que la implementación del PREIN no genera altos costos monetarios a los establecimientos educativos, dado que Khan Academy es gratuita; pero no podemos afirmar que la estrategia subsane la problemática que presentan las IES colombianas, ya que al no ser un ensayo controlado aleatorizado, los resultados, aunque relevantes, no pueden generalizarse a toda la población universitaria colombiana.

- OE4. Analizar los factores que median en el éxito del uso de plataformas online de apoyo al aprendizaje a partir de las percepciones de un grupo focal de docentes universitarios, con un enfoque metodológico cualitativo.

La plataforma en línea de apoyo al aprendizaje mediada por Khan Academy es percibida por los docentes como un aliado o mediador en el proceso de transposición didáctica y como una estrategia dinamizadora, que ayuda a los estudiantes de nuevo ingreso a enfrentar los desafíos de la educación superior en matemáticas. De los resultados del Capítulo 5 se extrae un modelo de trazabilidad del impacto del uso de plataformas en línea de apoyo al aprendizaje en el desempeño académico de los estudiantes (Rueda-Gómez y Rodríguez-Muñiz, 2020; Rueda-Gómez et al., 2023) que es exportable a otros contextos y que identifica los factores que median el éxito de su uso, con el fin de realizar las intervenciones necesarias encaminadas a obtener los objetivos académicos de los estudiantes que ingresan a la educación superior y al mismo tiempo minimizar los costos de implementación. Además, con los ajustes necesarios para analizar las características específicas de la asignatura en consideración, el modelo explicativo también podría adaptarse fácilmente a asignaturas diferentes a las matemáticas. Por tanto, corresponde a las instituciones educativas seguir implementando estas innovaciones, con miras a compartir e integrar experiencias orientadas a flexibilizar los aprendizajes.

El modelo denominado *Modelo de implementación de una plataforma online de apoyo al aprendizaje matemático* subraya que el rol del docente es fundamental para garantizar el éxito de una plataforma en línea de apoyo al aprendizaje, ya que la contribución del docente a través de factores como la motivación extrínseca, la motivación intrínseca o el seguimiento inciden favorablemente en la reacción y participación de los estudiantes. Por otro lado, el modelo también muestra que el rol del docente debe reforzarse con una formación continua en matemáticas y su didáctica que le permita dar respuesta a los retos que el aprendizaje autónomo de los estudiantes, en paralelo y con herramientas ajenas a sus clases, traerá consigo en el aula. No obstante, coincidimos con Mullen et al. (2021) sobre la necesidad de más investigaciones sobre este

tema porque la evidencia dice que, a pesar de los beneficios de las plataformas en línea de apoyo al aprendizaje, hay otros aspectos a tratar.

Los hallazgos de este estudio tienen implicaciones significativas tanto para el ámbito teórico como práctico. En primer lugar, los hallazgos permitieron delinear un modelo explicativo que clarificó los factores que influyen en el éxito de la implementación de plataformas en línea de apoyo al aprendizaje. En este sentido, un aporte relacionado es la capacidad de Khan Academy para fortalecer los conocimientos previos y la autorregulación de los estudiantes de nuevo ingreso y, adicionalmente, dar a conocer a estudiantes y docentes estrategias alternativas a la hora de enseñar y aprender matemáticas, favoreciendo clases más dinámicas y eficientes. En segundo lugar, este estudio enfatiza el rol de los docentes para ayudar al desarrollo del aprendizaje en línea y garantizar el éxito esperado, ya que la motivación extrínseca y los recordatorios se han identificado como factores relevantes. En tercer lugar, es crucial que las instituciones educativas aseguren una formación continua a los docentes que les permita enfrentar los desafíos que plantean las plataformas en línea de apoyo al aprendizaje.

Entre las principales limitaciones del estudio se tiene que los grupos focales y la teoría fundamentada suponen una aproximación exploratoria al fenómeno analizado y han permitido desvelar fenómenos y opiniones existentes, así como preferencias y valores latentes que explican los discursos y posicionamientos. Sin embargo, aun cuando los datos han sido triangulados permanentemente en cada uno de los procesos de codificación, los resultados pueden tener un sesgo de interpretación por parte de los investigadores. Por otro lado, no podemos obviar los posibles sesgos de los docentes participantes, quienes, a pesar de haber sido reclutados aleatoriamente, y de haberse mantenido su anonimato, son conscientes de que la investigación forma parte de un proceso de rendición de cuentas a nivel institucional, lo que dificulta la generalización de los resultados.

Por tanto, estos resultados permiten responder a la pregunta de investigación 4, destacando el rol estratégico y fundamental del docente en el proceso final de codificación selectiva. El docente integra y redefine las categorías centrales gracias a su capacidad para motivar extrínsecamente, ofrecer apoyo verbal y hacer seguimiento del avance en el

entrenamiento en línea PREIN. Además, su rol incluye hacer sugerencias de mejora a la plataforma basadas en las experiencias del aula. Mediante un modelo de aprendizaje combinado, el docente incorpora la plataforma en el aula de clase, fortaleciendo así el proceso educativo.

- OE5: Profundizar en el estudio de la influencia de las actitudes hacia las matemáticas y de los presaberes matemáticos de los estudiantes en el aprendizaje a través de Khan Academy.

Los resultados del estudio del Capítulo 5 fueron sometidos a pruebas de AFC, cuyos resultados no permitieron validar el modelo teórico de partida, lo que planteó la necesidad de realizar un AFE. Este nuevo análisis reveló que los ítems diferían en los factores, dando como resultado tres nuevos factores que explicaban tanto las actitudes hacia las matemáticas como el autoconcepto matemático en el contexto de la educación superior, respondiendo así a la pregunta de investigación 5:

- Factor 1: Autopercepción matemática negativa. Este factor abarca aspectos negativos tanto del dominio afectivo como del autoconcepto matemático, los cuales apuntan hacia una falta de confianza en las habilidades matemáticas propias, dificultades para comprender los conceptos matemáticos, sentimientos de incapacidad y confusión, así como una sensación de desinterés y desánimo en el proceso de aprendizaje de las matemáticas.
- Factor 2: Autopercepción matemática positiva. Este factor engloba aspectos positivos tanto del dominio afectivo como del autoconcepto matemático. Se distingue por un notable aprecio por las matemáticas, acompañado de una sensación de confort al enfrentar problemas y un disfrute evidente durante el proceso de estudio. Se perciben las matemáticas como una materia fácil de comprender, reflejando una sólida confianza en las habilidades matemáticas propias. Además, se sostiene una creencia arraigada en la utilidad y relevancia de las matemáticas en la vida cotidiana.

- Factor 3: Autopercepción matemática repulsiva. Este factor aborda aspectos repulsivos tanto del dominio afectivo como del autoconcepto matemático. Se caracteriza por un fuerte desinterés y aversión hacia el estudio de las matemáticas, expresado a través de sentimientos de intolerancia y aburrimiento hacia la materia, incluso en sus aspectos más básicos. Este factor sugiere una percepción de que las matemáticas son irrelevantes en la vida cotidiana y que deberían limitarse a ciertas áreas especializadas, lo que refleja un desprecio hacia la pertinencia de la matemática en diferentes aspectos de la vida.

Estos factores divergen completamente del modelo teórico propuesto para el estudio, lo que resalta la complejidad y la dinámica cambiante de las actitudes hacia las matemáticas en este grupo demográfico.

Dentro de las limitaciones del estudio, destacan el tamaño muestral y el instrumento utilizado. Aunque el instrumento ha sido validado mediante AFE, AFC y mediciones de fiabilidad y confiabilidad con muestras robustas, estas se centraron en niveles educativos anteriores a la educación superior. Esto puede explicar en parte la aparición de nuevos factores debido a los cambios de edad y ritmo educativo al ingresar a la educación superior.

- OE6. Analizar el impacto de una intervención metodológica basada en el uso de tareas guiadas.

Finalmente, el análisis del impacto de una intervención metodológica basada en el uso de tareas guiadas se cimentó no solo en el aspecto cuantitativo, sino en la visión cualitativa, para interpretar aspectos que se resaltan en esa mirada. Es decir, teniendo en cuenta el método inductivo, asociado a la investigación cualitativa, pero sin ser excluyente con la visión cuantitativa, se analizaron los siguientes elementos.

En cuanto a la comparación entre tareas guiadas y metas de dominio, es crucial reconocer que ambos enfoques pueden ser efectivos según los contextos específicos y las necesidades individuales de los estudiantes. Sin embargo, los resultados del estudio

experimental no mostraron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento académico entre los estudiantes que utilizaron Khan Academy bajo la modalidad de tareas guiadas (grupo experimental) y aquellos que lo hicieron bajo la modalidad de metas de dominio (grupo control), respondiendo así a la pregunta de investigación 6.

Además, el análisis cualitativo de los conocimientos previos en matemáticas reveló una notable similitud entre las respuestas de los estudiantes y los procesos enseñados en Khan Academy (Maatuk et al., 2022). Este hallazgo sugiere que la plataforma no solo ofrece contenido académico riguroso, sino que también proporciona un marco de referencia efectivo que se alinea con los conocimientos previos de los estudiantes.

Finalmente, se aprecia que el cumplimiento de los objetivos específicos, evidencia el logro del objetivo general de la presente tesis, resaltando la responsabilidad de la comunidad docente universitaria, en lo que tiene que ver con enfoques axiológicos para debatir experiencias exitosas o no, en donde prime la formación autónoma de los estudiantes haciendo uso de las nuevas tecnologías de la comunicación, para repensar en la universidad del ayer y transformarla de acuerdo a las necesidades que exige una sociedad en constantes cambios.

Esto implica también que, la presente tesis puede ser base de futuras investigaciones que darán continuidad, para actualizar la herramienta, incluir aspectos que en el tiempo serán significativos dentro de los procesos de enseñanza aprendizaje, para dar opción de repensar nuevas estrategias virtuales, que permitan aportar en el fortalecimiento de competencias matemáticas de nuestros futuros profesionales, quienes tendrán la responsabilidad de transformar las comunidades.

7.2. Líneas de investigación futuras

Este estudio abre diversas líneas de investigación futuras. En primer lugar, se sugiere explorar cómo el aumento del autoconcepto matemático puede ser facilitado mediante el aprendizaje autónomo y su integración con Khan Academy. Esto incluye examinar el papel y las actitudes de los docentes hacia esta herramienta online como soporte para sus estudiantes. También es crucial investigar cómo las creencias y prácticas

de los maestros afectan el aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas a través de plataformas digitales, considerando aspectos socioemocionales y culturales específicos. Además, se recomienda estudiar cómo Khan Academy opera en diversas disciplinas y niveles educativos para maximizar su efectividad y alcance. Esto podría involucrar el desarrollo de modelos predictivos avanzados para prever el abandono académico y el bajo rendimiento, utilizando datos de actividad en la plataforma y otros factores relevantes. Asimismo, se propone investigar la identificación temprana de anomalías en la actividad de los estudiantes en Khan Academy, que podrían indicar prácticas inusuales. Incorporar ejercicios de la plataforma en exámenes para validar su eficacia en comparación con métodos tradicionales es otro campo de interés destacado. Finalmente, es esencial investigar cómo las plataformas en línea están transformando la calidad educativa, la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades matemáticas avanzadas. En resumen, este estudio proporciona una base sólida para investigaciones futuras que profundicen en estos aspectos, aprovechando el potencial de herramientas educativas digitales como Khan Academy en el contexto de la educación superior

REFERENCIAS

- Abal, F. J. P., Auné, S. E., y Attorresi, H. F. (2018). Construcción y validación de una escala de actitud hacia la matemática para estudiantes de psicología. *Universitas Psychoplogica*, 17(4), 1–15. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.upsy17-4.cvea>
- Aguilar-González, Á., Rodríguez-Muñiz, L. J., y Muñiz-Rodríguez, L. (2022). Las creencias y su papel en la determinación de relaciones entre elementos del conocimiento especializado del profesor de matemáticas. En J. Carrillo-Yáñez, M. A. Montes y N. Climent (Eds.), *Investigación sobre conocimiento especializado del profesor de matemáticas (MTSK): 10 años de camino* (pp. 109–120). Dykinson. <http://digital.casalini.it/10.14679/1458>
- Ahmed, W., Minnaert, A., Kuyper, H., y van der Werf, G. (2012). Reciprocal relationships between math self-concept and math anxiety. *Learning and individual differences*, 22(3), 385–389. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2011.12.004>
- Albert, M. A., y Dahling, J. J. (2016). Learning goal orientation and locus of control interact to predict academic self-concept and academic performance in college students. *Personality and Individual Differences*, 97, 245–248. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2016.03.074>
- Aldalur, I., y Pérez, A. (2023). Gamification and discovery learning: Motivating and involving students in the learning process. *Heliyon*, 9(1), e13135. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13135>
- Attard, C., y Holmes, K. (2022). An exploration of teacher and student perceptions of blended learning in four secondary mathematics classrooms. *Mathematics*

- Education Research Journal*, 34(4), 719–740. <https://doi.org/10.1007/s13394-020-00359-2>
- Azungah, T. (2018), Qualitative research: deductive and inductive approaches to data analysis, *Qualitative Research Journal*, 18(4), 383–400. <https://doi.org/10.1108/QRJ-D-18-00035>
- Baig, M. I., y Yadegaridehkordi, E. (2023). Flipped classroom in higher education: a systematic literature review and research challenges. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(61), 2–26. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00430-5>
- Baker, R. (2016). Using learning analytics in personalized learning. En M. Murphy, S. Redding y J. Twyman (Eds.), *Handbook on personalized learning for states, districts, and schools* (pp. 165–174). Temple University, Center on Innovations in Learning. <https://bit.ly/3fk3ziD>
- Barana, A., Marchisio, M., y Sacchet, M. (2021). Interactive Feedback for Learning Mathematics in a Digital Learning Environment. *Education Sciences*, 11(6), 279–300. <https://doi.org/10.3390/educsci11060279>
- Bartolomé-Pina, A., y Steffens, K. (2015). Are MOOCs promising learning environments? *Comunicar*, 44, 91–99. <https://doi.org/10.3916/C44-2015-10>
- Beltrán-Pellicer, P., y Godino, J. D. (2020). An onto-semiotic approach to the analysis of the affective domain in mathematics education. *Cambridge Journal of Education*, 50(1), 1–20. <https://doi.org/10.1080/0305764X.2019.1623175>
- Biggeri, M., Di Masi, D., y Bellacicco, R. (2020). Disability and higher education: assessing students' capabilities in two Italian universities using structured focus group discussions. *Studies in Higher Education*, 45(4), 909–924. <https://doi.org/10.1080/03075079.2019.1654448>
- Braun, V., y Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Büchele, S. (2020). Should we trust math preparatory courses? An empirical analysis on the impact of students' participation and attendance on short-and medium-term

- effects. *Economic Analysis and Policy*, 66, 154–167.
<https://doi.org/10.1016/j.eap.2020.04.002>
- Calvo, J, (2018), Calidad educativa en la educación superior colombiana: una aproximación teórica, *Sophia*, 14(2), 4–14. <https://doi.org/10.18634/sophiaj.14v.2i.799>
- Cargile, L. A., y Harkness, S, (2015). Flip or Flop: Are Math Teachers Using Khan Academy as Envisioned by Sal Khan? *TechTrends*, 59(6), 21–28.
<https://doi.org/10.1007/s11528-015-0900-8>
- Carrillo-Yáñez, J., Climent, N., Montes, M., Contreras, L. C., Flores-Medrano, E., Escudero-Ávila, D., Vasco, D., Rojas, N., Flores, P., Aguilar-González, Á., Ribeiro, M., y Muñoz-Catalán, M. C. (2018). The mathematics teacher's specialised knowledge (MTSK) model. *Research in Mathematics Education*, 20(3), 236–253.
<https://doi.org/10.1080/14794802.2018.1479981>
- Castillo, Z., y Duran, Y. (2015). Las prácticas de enseñanza de los docentes de cálculo diferencial en el departamento de Ciencias Básicas de las Unidades Tecnológicas de Santander. *Revista Docencia Universitaria*, 16(1), 15–32.
<https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistadocencia/article/view/5949>
- Çevikbaş, M., y Kaiser, G. (2020). Flipped classroom as a reform-oriented approach to teaching mathematics. *ZDM – Mathematics Education*, 52(7), 1291–1305. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01191-5>
- Chang, V. (2016). Review and discussion: E-learning for academia and industry. *International Journal of Information Management*, 36(3), 476–485.
<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2015.12.007>
- Cheng, L., Ritzhaupt, A .D., y Antonenko, P. D. (2019). Effects of the flipped classroom instructional strategy on students' learning outcomes: a meta-analysis. *Educational Technology Research and Development*, 67, 793–824.
<https://doi.org/10.1007/s11423-018-9633-7>
- Chiu, M. M., y Klassen, R. M. (2010). Relations of mathematics self-concept and its calibration with mathematics achievement: Cultural differences among fifteen-

- year-olds in 34 countries. *Learning and Instruction*, 20(1), 2–17.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.11.002>
- Cho, G., Hwang, H., Sarstedt, M., y Ringle, C. M. (2020). Cutoff criteria for overall model fit indexes in generalized structured component analysis. *Journal of Marketing Analytics*, 8(4), 189–202. <https://doi.org/10.1057/s41270-020-00089-1>
- Cohen, L., Manion, L., y Morrison, K. (2000). *Research methods in education*. Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9780203224342>
- Coman, C., Țîru, L. G., Meseșan-Schmitz, L., Stanciu, C., y Bularca, M. C. (2020). Online teaching and learning in higher education during the coronavirus pandemic: Students' perspective. *Sustainability*, 12(24), 10367.
<https://doi.org/10.3390/su122410367>
- Curran, P. J., Bollen, K. A., Chen, F., Paxton, P., y Kirby, J. B. (2003). Finite Sampling Properties of the Point Estimates and Confidence Intervals of the RMSEA. *Sociological Methods & Research*, 32(2), 208–252.
<https://doi.org/10.1177/0049124103256130>
- Delima, N., y Cahyawati, D. (2021). Students' mathematics self-concept, mathematics anxiety and mathematics self-regulated learning during the covid-19 pandemic. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 15(2), 103-114.
<https://doi.org/10.22342/jpm.15.2.13200.103-114>
- Desbrow, J., y Domínguez, S, (2020). El espacio como elemento facilitador del aprendizaje y de atención a la diversidad. *Revista de Estilos de Aprendizaje*, 13(25), 1–3.
<https://doi.org/10.55777/rea.v13i25.2092>
- Dey, I. (2018). Class attendance and academic performance: A subgroup analysis. *International Review of Economics Education*, 28, 29–40.
<https://doi.org/10.1016/j.iree.2018.03.003>
- Díaz, D., y Rueda-Gómez, K. (2020). Use of technological tool for the consolidation of mathematical pre-knowledge in higher education. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 844(1), 012021. IOP Publishing.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/844/1/012021>

- Di Martino, P., Gregorio, F., y Iannone, P. (2023). The transition from school to university in mathematics education research: new trends and ideas from a systematic literature review. *Educational Studies in Mathematics*, 113(1), 7–34. <https://doi.org/10.1007/s10649-022-10194-w>
- Elliott, A. C., y Hynan, L. S. (2011). A SAS® macro implementation of a multiple comparison post hoc test for a Kruskal–Wallis analysis. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 102(1), 75–80. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2010.11.002>
- Ferdinand, J., Engler, S., y Fischer, C. (2020). Lernen mit digitalen Lernressourcen: Beispiel Khan Academy [Learning with online materials: The example of Khan Academy]. *Schulmanagement*, 5, 24–27. <https://doi.org/10.31219/osf.io/stzhi>
- Fernández-Lasarte, O., Goñi, E., Camino, I., y Zubeldia, M. (2019). Ajuste escolar y autoconcepto académico en la Educación Secundaria. *Revista de Investigación Educativa*, 37(1), 163–179. <https://doi.org/10.6018/rie.37.1.308651>
- Fernández-Medina, F. (2005). Brecha e inclusión digital en Chile: los desafíos de una nueva alfabetización. *Comunicar*, 24, 77–84. <https://doi.org/10.3916/C24-2005-12>
- Ferrando, P. J., Lorenzo-Seva, U., Hernández-Dorado, A., y Muniz, J. N. (2022). Decalogue for the Factor Analysis of Test Items. *PubMed*, 34(1), 7–17. <https://doi.org/10.7334/psicothema2021.456>
- Ferri, F., Grifoni, P., y Guzzo, T. (2020). Online learning and emergency remote teaching: Opportunities and challenges in emergency situations. *Societies*, 10(4), 86–101. <https://doi.org/10.3390/soc10040086>
- Fleming, J., y Zegwaard, K. E. (2018). Methodologies, methods and ethical considerations for conducting research in work-integrated learning. *International Journal of Work-Integrated Learning*, 19(3), 205–213.
- Fotaris, P., Mastoras, T., Leinfellner, R., y Rosunally, Y. (2016). Climbing up the leaderboard: An empirical study of applying gamification techniques to a computer

- programming class. *Electronic Journal of e-learning*, 14(2), 94–110.
<https://academic-publishing.org/index.php/ejel/article/view/1747>
- García, F. A. V. (2018). Criterios de promoción estudiantil como factores conexos al éxito o fracaso escolar. *Latinoamericana de Estudios Educativos*, 14(1), 59–81.
<https://doi.org/10.17151/rlee.2018.14.1.4>
- García-Holgado, A., López-García, J., Martínez-Rodríguez, M., González-Sánchez, J. L., Fernández-González, C., y Pérez-González, M. (2021). La experiencia de las mujeres estudiantes en carreras de ingeniería y matemáticas: un estudio de grupos focales. En T. Klinger, C. Kollmitzer y A. Pester (Eds.), *Proceedings of the IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON 2021). Women in engineering* (pp. 50–56). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EDUCON46332.2021.9454079>
- García-Martín, S., y Cantón-Mayo, I. (2019). Use of technologies and academic performance in adolescent students. *Comunicar*, 59, 73–81.
<https://doi.org/10.3916/C59-2019-07>
- Glaser, B., y Strauss, A. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Aldine. <https://doi.org/10.4324/9780203793206>
- Gómez-Chacón, I. M. (2009). Actitudes matemáticas: propuestas para la transición del bachillerato a la universidad. *Educación matemática*, 21(3), 5–32.
- Gómez-Chacón, I. M. (2010). Actitudes de los estudiantes en el aprendizaje de la matemática con tecnología. *Enseñanza de las ciencias*, 28(2), 227–244.
<https://doi.org/10.5565/rev/ec/v28n2.197>
- Gopalan, M., Rosinger, K., y Ahn, J. B. (2020). Use of Quasi-Experimental Research Designs in Education Research: Growth, Promise, and Challenges. *Review of Research in Education*, 44(1), 218–243. <https://doi.org/10.3102/0091732X20903302>
- Gravemeijer, K., Stephan, M., Julie, C., Lin, F. L., y Ohtani, M. (2017). What mathematics education may prepare students for the society of the future?. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(1), 105–123.
<https://doi.org/10.1007/s10763-017-9814-6>

- Gray, J., y Lindstrom, C. (2019). Five tips for integrating Khan Academy in your course. *The Physics Teacher*, 57(6), 406–408. <https://doi.org/10.1119/1.5124284>
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203887332>
- Harackiewicz, J. M., y Priniski, S. J. (2018). Improving student outcomes in higher education: The science of targeted intervention. *Annual Review of Psychology*, 69(1), 409–435. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-122216-011725>
- Hasan, R., Palaniappan, S., Mahmood, S., Abbas, A., Sarker, K. U., y Sattar, M. U. (2020). Predicting student performance in higher educational institutions using video learning analytics and data mining techniques. *Applied Sciences*, 10(11), 3894. <https://doi.org/10.3390/app10113894>
- He, J. (2020). Research and practice of flipped classroom teaching mode based on guidance case. *Education and Information Technologies*, 25(4), 2337–2352. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10137-z>
- Hernández, J., Rodríguez, F., Hilliger, I., y Pérez-Sanagustin, M. (2018). MOOCs as a remedial complement: Students' adoption and learning outcomes. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 12(1), 133–141. <https://doi.org/10.1109/TLT.2018.2830373>
- Hill, J. R., y Hannafin, M. J. (2001). Teaching and Learning in Digital Environments: The Resurgence of Resource-Based Learning. *Educational Technology Research and Development*, 49(3), 37–52. <https://doi.org/10.1007/BF02504914>
- Hosein, A., y Harle, J. (2018). The relationship between students' prior mathematical attainment, knowledge and confidence on their self-assessment accuracy. *Studies In Educational Evaluation*, 56, 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2017.10.008>
- Hung, C. Y., Sun, J. C. Y., y Liu, J. Y. (2019). Effects of flipped classrooms integrated with MOOCs and game-based learning on the learning motivation and outcomes of students from different backgrounds. *Interactive Learning Environments*, 27(8), 1028–1046. <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1481103>

- Ibarra-Aguirre, E., y Jacobo-García, H. M. (2016). La evolución del autoconcepto académico en adolescentes. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 21(68), 45–70. <https://bit.ly/34eQl0f>
- Ingle, H. T. (2023). *Predictors of college success for STEM majors* [Tesis doctoral]. Tennessee State University. <https://digitalscholarship.tnstate.edu/dissertations/AAI30693730/>
- Johnson, R. B., y Onwuegbuzie, A. J. (2004). Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come. *Educational Researcher*, 33(7), 14–26. <http://www.jstor.org/stable/3700093>
- Jordan-Muiños, F. M. (2021). Valor de corte de los índices de ajuste en el análisis factorial confirmatorio. *Psocial*, 7(1), 66–71. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/123/1232225009/>
- Karsenty, R., y Sherin, M. G. (2017). Video as a catalyst for mathematics teachers' professional growth. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 20(5), 409–413. <https://doi.org/10.1007/s10857-017-9387-x>
- Karjanto, N. (2017). Attitude toward mathematics among the students at Nazarbayev University Foundation Year Programme. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 48(6), 849–863. <https://doi.org/10.1080/0020739x.2017.1285060>
- Khan Academy (2024). *Cursos de Khan Academy*. <https://es.khanacademy.org/>
- Kuckartz, U., y Rädiker, S. (2019). *Analyzing qualitative data with MAXQDA*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15671-8>
- Lai, K. (2020). Fit Difference Between Nonnested Models Given Categorical Data: Measures and Estimation. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 28(1), 99–120. <https://doi.org/10.1080/10705511.2020.1763802>
- Lee, S. W. (2022). Methods for testing statistical differences between groups in medical research: statistical standard and guideline of Life Cycle Committee. *Life Cycle*, 2, 1–8. <https://doi.org/10.54724/lc.2022.e1>

- Lewis, T. F. (2017). Evidence Regarding the Internal Structure: Confirmatory Factor Analysis. *Measurement And Evaluation In Counseling And Development*, 50(4), 239–247. <https://doi.org/10.1080/07481756.2017.1336929>
- Li, H., Liu, J., Zhang, D., y Liu, H. (2021). Examining the relationships between cognitive activation, self-efficacy, socioeconomic status, and achievement in mathematics: A multi-level analysis. *British Journal of Educational Psychology*, 91(1), 101–126. <https://doi.org/10.1111/bjep.12351>
- Li, L. (2016). Using Generic Inductive Approach in Qualitative Educational Research: A Case Study Analysis. *Journal of Education and Learning*, 5(2), 129–135. <https://doi.org/10.5539/jel.v5n2p129>
- Light, D. (2016). Increasing student engagement in math: The study of Khan Academy program in Chile. En L. Gómez Chova, A. López Martínez e I. Candel Torres (Eds.), *ICERI2016: 9th annual International Conference of Education, Research and Innovation. Conference Proceedings* (pp. 4593–4593). IATED Academy. <https://doi.org/10.21125/iceri.2016.0209>
- Light, D., y Pierson, E., (2014). Increasing student engagement in math: The use of Khan Academy in Chilean classrooms. *International Journal of Education and Development using ICT*, 10(2), 103–119. <https://www.learntechlib.org/p/147457/>
- Lone, P. A., y Lone, T. A. (2016). A study on relation between self concept and academic achievement among secondary school students of Jammu district. *Journal of Education and Practice*, 7(31), 19–23. <https://www.iiste.org/Journals/index.php/IJEP/article/view/34085/35052>
- López, M. Á. C., Ferrández, P. A. G., Guijarro, A. S., Perales, J. A. R., Alustiza, J. A. M., y Mateo, F. R. (2020). Bagaje y actitudes: factores que ayudan a transitar con éxito a través de los primeros contenidos de Matemáticas en Ingeniería. En R. Roig-Vila (Ed.), *La docencia en la Enseñanza Superior: Nuevas aportaciones desde la investigación e innovación educativas* (pp. 75–86). Octaedro.

- Lozano, P. G. B., Monllor, J. F., Fernández, F. B., Ramírez, M. G., Ávalos, S. H., Prados, A. H., Marco, A., Méndez, D., Moreno, J. C., y Roca, J. J. R. (2019). Experiencia de un NOOC de Física. En R. Roig (Dir.), J. Antolí, A. Lledó y N. Pellín (Coords.), *Redes de Investigación e Innovación en Docencia Universitaria: Volumen 2019* (pp. 555–563). Universidad de Alicante.
- Maatuk, A. M., Elberkawi, E. K., Aljawarneh, S., Rashaideh, H., y Alharbi, H. (2022). The COVID-19 pandemic and E-learning: challenges and opportunities from the perspective of students and instructors. *Journal of Computing in Higher Education*, 34(1), 21–38. <https://doi.org/10.1007/s12528-021-09274-2>
- McCall, C., y Edwards, C. (2020). Nuevas perspectivas para la implementación de la teoría fundamentada. *Estudios en educación en ingeniería*, 1(2), 93–107. <https://doi.org/10.21061/see.49>
- Malo-Cerrato, S., Martín-Perpiñá, M., y Viñas-Poch, F. (2018). Excessive use of social networks: Psychosocial profile of Spanish adolescents. *Comunicar*, 56, 101–110. <https://doi.org/10.3916/C56-2018-10>
- Mariano-Dolesh, M. L., Collantes, L. M., Ibanez, E. D., y Pentang, J. T. (2022). Mindset and levels of conceptual understanding in the problem-solving of preservice mathematics teachers in an online learning environment. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21(6), 18–33. <https://doi.org/10.26803/ijlter.21.6.2>
- Márquez, A. (2017). A 15 años de PISA: resultados y polémicas. *Perfiles Educativos*, 39(156), 3–15. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2017.156.58280>
- Marsh, H. W., Byrne, B. M., y Shavelson, R. J. (1988). A multifaceted academic self-concept: Its hierarchical structure and its relation to academic achievement. *Journal of Educational Psychology*, 80(3), 366–380. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.80.3.366>
- Marsh, H. W., Pekrun, R., Murayama, K., Arens, A. K., Parker, P. D., Guo, J., y Dicke, T. (2018). An integrated model of academic self-concept development: Academic self-

- concept, grades, test scores, and tracking over 6 years. *Developmental psychology*, 54(2), 263–280. <https://doi.org/10.1037/dev0000393>
- McLaughlin, J., White, P., Khanova, J., y Yuriev, E, (2016). Flipped classroom implementation: A case report of two higher education institutions in the United States and Australia, *Computers in the Schools*, 33(1), 24–37. <https://doi.org/10.1080/07380569.2016.1137734>
- McLeod, D. B. (1992). *Research on affect in mathematics education: A reconceptualization*. Macmillan Publishing Company.
- Mello-Román, J. D., y Gómez-Chacón, I. M. (2022). Creencias y rendimiento académico en matemáticas en el ingreso a carreras de ingeniería. *Aula Abierta*, 51(4), 407–415. <https://doi.org/10.17811/rifie.51.4.2022.407-415>
- Mendoza Lozano, F., y Ortegón Cifuentes, M. (2019). La evaluación en educación superior con fines de acreditación de alta calidad a través de un modelo sistémico con teoría de redes. *Revista de la Educación Superior*, 48(192), 1–21. <https://doi.org/10.36857/resu.2019.192.925>
- Mercader-Ruiz, J., Presentación-Herrero, M., Siegenthaler-Hierro, R., Molinero-Claramunt, V., y Miranda-Casas, A. (2017). Motivation and mathematics performance: a longitudinal study in early educational stages. *Revista de Psicodidáctica*, 22(2), 157–163. <https://doi.org/10.1016/j.psicod.2017.05.007>
- Moreno-Guerrero, A., Soler-Costa, R., Marín-Marín, J., y López-Belmonte, J. (2021). Flipped learning and good teaching practices in secondary education. *Comunicar*, 68(3), 107–117. <https://doi.org/10.3916/C68-2021-09>
- Morgan, D. L. (1988). *Focus Groups as Qualitative Research*. Sage Publications.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., Kelly, D. L., y Fishbein, B. (2020). *TIMSS 2019 International Results in Mathematics and Science*. Retrieved from Boston College, TIMSS y PIRLS International Study Center website: <https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/international-results/>
- Multisilta, J., y Niemi, H. (2019). Tools, Pedagogical Models, and Best Practices for Digital Storytelling. En M. Khosrow-Pour (Ed.), *Advances in educational technologies and*

instructional design book series (pp. 508-519). <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-7365-4.ch040>

- Mullen, C., Pettigrew, J., Cronin, A., Rylands, L., y Shearman, D. (2021). Las matemáticas son diferentes: perspectivas de estudiantes y tutores de Irlanda y Australia sobre el apoyo en línea durante la COVID-19. *Teaching Mathematics and Its Applications: International Journal of the IMA*, 40(4), 332–355. <https://doi.org/10.1093/teamat/hrab014>
- Muñiz-Rodríguez, L., Aguilar-González, Á., y Rodríguez-Muñiz, L. J. (2020). Perfiles del futuro profesorado de matemáticas a partir de sus competencias profesionales. *Enseñanza de las Ciencias*, 38(2), 141–161. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3161>
- Murcia, M., y Henao, J. (2015). Educación matemática en Colombia, una perspectiva evolucionaria. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 9(18), 23–30. <http://ref.scielo.org/9btwdt>
- Murphy, R., Gallagher, L., Krumm, A., Mislevy, J., y Hafter, A. (2014). *Research on the Use of Khan Academy in Schools. Menlo Park*. SRI Education.
- Omeje, A. N., y Abugu, S. O. (2015). The impact of scholarships on students' academic performance: A case of tertiary institutions in Enugu State, Nigeria. *Bulletin of Business and Economics*, 4(2), 93–104. <https://bbejournal.com/BBE/article/view/231>
- Orçan, F. (2018). Exploratory and confirmatory factor analysis: Which one to use first? *Journal of Measurement and Evaluation in Education and Psychology*, 9(4), 414–421. <https://doi.org/10.21031/epod.394323>
- Otto, D. (2019). Adoption and diffusion of open educational resources (OER) in education: A meta-analysis of 25 OER-projects. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 20(5), 122–140. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v20i5.4472>

- Palacios, A., Arias, V. B., y Arias, B. (2013). Attitudes Towards Mathematics: Construction and Validation of a Measurement Instrument. *Revista de Psicodidáctica*, 19(1), 67–91. <https://doi.org/10.1387/revpsicodidact.8961>
- Pardo-Mercado, J. D. y Orjuela-Albarracín, D. J. (2024). Reflexiones sobre equidad en la educación colombiana: una aproximación a las pruebas saber 11 del 2022 desde la perspectiva conceptual de Pierre Bourdieu. *Análisis Político*, 36(107), 128–173. <https://doi.org/10.15446/anpol.v36n107.112553>
- Pedrosa, I., Juarros-Basterretxea, J., Robles-Fernández, A., Basteiro, J., y García-Cueto, E. (2015). Pruebas de bondad de ajuste en distribuciones simétricas, ¿qué estadístico utilizar? *Universitas Psychologica*, 14(1), 245–254. <https://doi.org/10.11144/javeriana.upsy14-1.pbad>
- Pereira, S., Fillol, J., y Moura, P. (2019). El aprendizaje de los jóvenes con medios digitales fuera de la escuela: De lo informal a lo formal. *Comunicar*, 58, 41-50. <https://doi.org/10.3916/C58-2019-04>
- Perkins, K. (2020). Transforming STEM Learning at Scale: PhET Interactive Simulations. *Childhood Education*, 96(4), 42–49. <https://doi.org/10.1080/00094056.2020.1796451>
- Perry, C. A. (2010). Motivation and Attitude of Preservice Elementary Teachers toward Mathematics. *School Science and Mathematics*, 111(1), 2–10. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2010.00054.x>
- Phillips, D., y Cohen, J. (2015). *Learning gets personal: How Idaho students and teachers are embracing personalized learning through Khan Academy*. J. A. and Kathryn Albertson Family Foundation. <http://www.jkaf.org/content/uploads/2015/07/learning-gets-personal.pdf>
- Pinzón, D. A. (2018). Reprobación y Desempeño Académico: Evidencia de la Implementación de la Promoción Automática en Colombia. *Documentos CEDE*, 18, 1-43. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3157825>

- Quiles, O., y De Gracia, E. (2015). Calidad y evaluación de la Educación Superior. Una perspectiva transnacional a través del ranking. *DEDiCA Revista de Educação e Humanidades*, 8(1), 155–174. <https://doi.org/10.30827/dreh.v0i8.6916>
- Radcliffe, D. E., Knappenberger, T., y Daigh, A. L. (2016). Using Khan Academy videos in flipped classroom mode to bolster calculus skills in soil physics courses. *Natural Sciences Education*, 45(1), 1–7. <https://doi.org/10.4195/nse2016.04.0008>
- Ramírez, G. (2012). Diseño e implementación de un curso remedial sobre tópicos de matemática elemental, en un entorno de aprendizaje colaborativo, con apoyo en las TIC. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 27(3), 7–20. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_fiucv/article/view/5115
- Ramírez, M., y Vizcarra, J. (2016). Desarrollo de habilidades matemáticas en estudiantes normalistas mediante Khan Academy. *Ra Ximhai*, 12(6), 285–293. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46148194019.pdf>
- Rasheed, R. A., Kamsin, A., y Abdullah, N. A. (2020). Challenges in the online component of blended learning: A systematic review. *Computers & Education*, 144, 103701. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103701>
- Reisner, S. L., Randazzo, R. K., White Hughto, J. M., Peitzmeier, S., DuBois, L. Z., Pardee, D. J., Marrow, E., McLean, S., y Potter, J. (2018). Sensitive health topics with underserved patient populations: Methodological considerations for online focus group discussions. *Qualitative Health Research*, 28(10), 1658–1673. <https://doi.org/10.1177/1049732317705355>
- Reyes G., Díaz G., Dueñas J., y Bernal, A. (2016), ¿Educación de calidad o calidad de la educación? Uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el camino para el desarrollo humano. *Revista de la Yniversidad de La Salle*, 71, 251–272. <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1511&context=ruls>
- Riegle-Crumb, C., Moore, C., y Ramos-Wada, A. (2011). Who wants to have a career in science or math? Exploring adolescents' future aspirations by gender and

- race/ethnicity. *Science Education*, 95(3), 458–476.
<https://doi.org/10.1002/sce.20431>
- Rivera, M. F., y Gómez-Chacón, I. M. (2013). Attitudes towards mathematics of teachers in service of Telesecundaria: an exploratory study. En B. Ubuz, C. Haser y M. A. Mariotti (Eds.), *Proceedings of the Eighth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 8, February 6 – 10, 2013)* (pp. 1349–1358). Middle East Technical University and ERME.
<http://cerme8.metu.edu.tr/wgpapers/WG8/WG8 Fuentes Rivera.pdf>
- Rodríguez, R. (2016). El uso del portal KhanAcademy como Recurso Educativo Abierto en una clase de Matemáticas. *Virtualis*, 6(12), 132–155.
<https://www.revistavirtualis.mx/index.php/virtualis/article/view/131>
- Rodríguez, G. Gómez, V., y Ariza, M. (2014). Calidad de la educación superior a distancia y virtual: un análisis de desempeño académico en Colombia. *Investigación y Desarrollo*, 22(1), 79–120. <https://www.redalyc.org/pdf/268/26831411004.pdf>
- Rodríguez-Muñiz, L. J., Crespo, R., Díaz, I., Fioravanti, M., García-Raffi, L. M., González-Vasco, M. I., González Vega, L., Lafuente, M., Montejo-Gámez, J., Ortega Riejos, F. A., y Mallavibarrena, R. (2020). Los estudios de matemáticas en el ámbito universitario. En D. Martín de Diego, T. Chacón, G. Curbera, F. Marcellán y M. Siles (Coords.), *Libro Blanco de las Matemáticas* (pp. 95–162). RSME y Fundación Ramón Areces. <https://bit.ly/3VezqUD>
- Rodríguez-Muñiz, L. J., y Díaz, P. (2015). Estrategias de las universidades españolas para mejorar el rendimiento en matemáticas del alumnado de nuevo ingreso. *Aula Abierta*, 43(2), 69–76. <https://doi.org/10.1016/j.aula.2015.01.002>
- Rueda, K., y Rey, M. (2018). The learning of differential calculus mediated by the platform Khan-academy. *Journal of Physics: Conference Series*, 1126(1), 012047. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1126/1/012047>
- Rueda, K., y Serrano, O. (2019). Online training for the strengthening of mathematical pre-knowledge mediated by Khan-Academy platform. *Journal of Physics: Conference Series*, 1161(1), 012019. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1161/1/012019>

- Rueda-Gómez, K. L., y Guzmán-Duque, A. P. (2018). Khan-Academy una estrategia innovadora para mejorar la calidad en la educación superior a través del rendimiento académico de los estudiantes. *Revista de Pedagogía*, 39(105), 222–239. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_ped/article/view/16536
- Rueda-Gómez, K. L., y Rodríguez-Muñiz, L. J. (2020). Estrategia tecnológica para nivelar los presaberes matemáticos en la educación superior. En V. Vega-Carrero y E. Vendrell-Vidal (Eds.), *IN-RED 2020: VI Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red* (pp. 357-365). Editorial Universitat Politècnica de València. <https://doi.org/10.4995/INRED2020.2020.11979>
- Rueda-Gómez, K. L., Rodríguez-Muñiz, L. J., y Muñiz-Rodríguez, L. (2023). Performance and mathematical self-concept in university students using Khan Academy. *Heliyon*, 9(4), e15441. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15441>
- Rueda-Gómez, K. L., Rodríguez-Muñiz, L. J., y Muñiz-Rodríguez, L. (2024). Factors that mediate the success of the use of online platforms to support learning: the view of university teachers. *Education and Information Technologies*, 29, 2459–2482. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11916-0>
- Salcines-Talledo, I., González-Fernández, N., Díaz-Herrera, L., y Area-Moreira, M. (2022). Smartphones in Higher Education. A longitudinal qualitative study. *Comunicar*, 72, 115–127. <https://doi.org/10.3916/C72-2022-09>
- Salinas-Ibáñez, J., y De-Benito, B. (2020). Construction of personalized learning pathways through mixed methods. *Comunicar*, 65, 31–42. <https://doi.org/10.3916/C65-2020-03>
- Salmi, H., Thuneberg, H., y Vainikainen, M. P. (2015). Mathematical thinking skills, self-concept and learning outcomes of 12-year-olds visiting a Mathematics Science Centre Exhibition in Latvia and Sweden. *Journal of Science Communication*, 14(4), A03. <https://doi.org/10.22323/2.14040203>
- Santillán de la Vega, R. H. (2021). *Uso de Khan Academy en el aprendizaje de las matemáticas en estudiantes de secundaria: Revisión sistemática* [Tesis doctoral]. Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/74128>

- Saxena R, Shrivastava K, y Bhardwaj, R (2016). Teaching Mathematical Modeling in Mathematics Education. *Journal of Education and Practice*, 7(11), 34–44. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1099645.pdf>
- Shi, D., Maydeu-Olivares, A., y Rosseel, Y. (2019). Assessing Fit in Ordinal Factor Analysis Models: SRMR vs. RMSEA. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 27(1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/10705511.2019.1611434>
- Soufi, S., Damirchi, E. S., Sedghi, N., y Sabayan, B. (2014). Development of structural model for prediction of academic achievement by global self-esteem, academic self-concept, self-regulated learning strategies and autonomous academic motivation. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 114, 26–35. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.651>
- Strauss, A., y Corbin, J. M. (1997). *Grounded Theory in Practice*. Sage.
- Taminiau, E., Kester, L., Corbalan, G., Spector, J. M., Kirschner, P. A., y Van Merriënboer, J. J. G. (2015). Designing on-demand education for simultaneous development of domain-specific and self-directed learning skills. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31(5), 405–421. <https://doi.org/10.1111/jcal.12076>
- Torres, N., y Buitrago, D, (2020), ¿Hay desigualdad en la elección de carrera en Colombia?: Un análisis de algunos factores sociodemográficos. *Social and Education History*, 9(2), 128–153. <https://doi.org/10.17583/hse.2020.4303>
- Torres-Díaz, J., Duart, J., Gómez-Alvarado, H., Marín-Gutiérrez, I., y Segarra-Faggioni, V. (2016). Internet use and academic success in university students. [Usos de Internet y éxito académico en estudiantes universitarios]. *Comunicar*, 48, 61–70. <https://doi.org/10.3916/C48-2016-06>
- Torres-Díaz, J., y Infante-Moro, A. (2011). Desigualdad digital en la universidad: Usos de Internet en Ecuador. *Comunicar*, 37, 81–88. <https://doi.org/10.3916/C37-2011-02-08>
- Utomo, H., Bon, A., y Hendayun, M. (2018). The integrated academic information system support for education 3.0 in higher education institution: Lecturer perspective.

- Journal of Physics: Conference Series*, 1049(1), 012102.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1049/1/012102>
- Valverde-Berrocó, J., Garrido-Arroyo, M. D. C., Burgos-Videla, C., y Morales-Cevallos, M. B. (2020). Trends in educational research about e-learning: A systematic literature review (2009–2018). *Sustainability*, 12(12), 5153.
<https://doi.org/10.3390/su12125153>
- Venegas-Muggli, J. I., y Westermann, W. (2019). Effectiveness of OER use in first-year higher education students' mathematical course performance: A case study. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 20(2), 204–221.
<https://doi.org/10.19173/irrodl.v20i2.3521>
- Vidergor, H. E., y Ben-Amram, P. (2020). Khan Academy effectiveness: The case of math secondary students' perceptions. *Computers y Education*, 157, 103985.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103985>
- Walker, D., y Smith, T. J. (2017). Computing Robust, Bootstrap-Adjusted Fit Indices for Use with Nonnormal Data. *Measurement And Evaluation in Counseling And Development*, 50(1-2), 131–137.
<https://doi.org/10.1080/07481756.2017.1326748>
- Weinhandl, R., Lavicza, Z., Hohenwarter, M., y Schallert, S. (2020). Mejorar la enseñanza de las matemáticas invertidas mediante el uso de GeoGebra. *Revista Internacional de Educación en Matemáticas, Ciencias y Tecnología (IJEMST)*, 8(1), 1–15.
<https://doi.org/10.46328/ijemst.v8i1.832>
- Wilson, V. (1997). Focus groups: a useful qualitative method for educational research? *British Educational Research Journal*, 23(2), 209–224.
<https://doi.org/10.1080/0141192970230207>
- Ye, L., Xia, X., Jiang, P., Jiang, T., y Liu, Y. (2021). The effects of children's Internet use: A Chinese longitudinal study. [Los efectos del uso de Internet por niños: Un estudio longitudinal en China]. *Comunicar*, 68(3), 97–105. <https://doi.org/10.3916/C68-2021-08>

- Xia, Y., y Yang, Y. (2019). RMSEA, CFI, and TLI in structural equation modeling with ordered categorical data: The story they tell depends on the estimation methods. *Behavior Research Methods*, 51(1), 409–428. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-1055-2>
- Zotova, M., Likhouzova, T., Shegai, L., y Korobeynikova, E. (2021). The Use of MOOCS in Online Engineering Education. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 11(3), 157–173. <https://doi.org/10.3991/ijep.v11i3.20411>

APÉNDICE A

Ítems del cuestionario aplicado en el Capítulo 4

El objetivo de este cuestionario es conocer algunos aspectos de los estudiantes que realizan el curso PREIN en la plataforma Khan Academy. Le agradecemos que responda a este cuestionario. *Obligatorio

- 1) Documento de identidad sin puntos ni comas * (Respuesta corta, número entero)
- 2) Estrato socioeconómico *
 - 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
 - 6
- 3) Nivel de estudios de los padres *
 - Básicos
 - Medios
 - Superior

- Universitario
- 4) Eres beneficiario de alguna beca *
- No
 - Sí, la beca cubre el 50% de los gastos de estudios
 - Sí, la beca cubre el 100% de los gastos de estudios
- 5) ¿Con cuántos dispositivos cuentas en tu hogar? *

Ítem	0	1	2	3	4	5	6	Más de 6
Smartphone y Tablet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Computadores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Otros dispositivos conectados a internet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

- 6) ¿Qué uso le das a Internet en tu hogar? *
- Básico
 - Intermedio
 - Alto
 - Avanzado
 - Experto
- 7) ¿Con cuántos megas de velocidad cuenta el Internet de tu hogar? *(Respuesta corta, número decimal)
- 8) ¿Tus padres usan Internet? *
- Nunca
 - Casi nunca
 - A veces
 - Casi siempre
 - Siempre

9) Valora las siguientes opciones:

Ítem	Nunca	Casi nunca	A veces	Casi siempre	Siempre
Me considero capaz y hábil en matemáticas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Las matemáticas son útiles y necesarias en todos los ámbitos de la vida	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El ser buen estudiante en matemáticas me hace sentir más valorado por mis compañeros y docentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mi desempeño en matemáticas depende en gran medida de la metodología y empatía con el docente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
En los exámenes de matemática me siento inseguro, desesperado y nervioso.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El curso virtual PREIN me permite fortalecer los presaberes matemáticos necesarios en el proceso formativo de mi carrera	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

APÉNDICE B

Ítems del cuestionario EAM aplicado en el Capítulo 6

El objetivo de este cuestionario es conocer las actitudes hacia las matemáticas de los estudiantes que realizan el curso PREIN en la plataforma Khan Academy. Le agradecemos que responda a este cuestionario. *Obligatorio

Valora el grado de acuerdo con los siguientes ítems, donde 0 = *Desacuerdo total*, 1 = *En desacuerdo*, 2 = *De acuerdo*, 3 = *Bastante de acuerdo*, y 4 = *Acuerdo total*.

Ítem	0	1	2	3	4
1.- Me gustan las matemáticas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2.- Me siento cómodo resolviendo problemas de matemáticas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3.- Me hace más ilusión tener un 10 en matemáticas que en cualquier otra asignatura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4.- Yo quiero aprender matemáticas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5.- Cuando estudio matemáticas estoy más incómodo que cuando lo hago con otras asignaturas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6.- Las matemáticas no sirven para nada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7.- Las matemáticas deberían estar presentes únicamente en la universidad, en las carreras científicas y técnicas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8.- Me resulta divertido estudiar matemáticas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9.- Las matemáticas son fáciles	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10.- En matemáticas me quedo con la mente en blanco con frecuencia sin saber por dónde salir	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11.- Toca clase de matemáticas ¡Qué horror!	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12.- Me será siempre difícil aprender matemáticas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
13.- Si me lo propusiera creo que llegaría a dominar bien las matemáticas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
14.- Salvo en unos pocos casos, por mucho que me esfuerce no consigo entender las matemáticas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
15.- Las matemáticas son útiles y necesarias en todos los ámbitos de la vida	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
16.- La materia que se imparte en las clases de matemáticas es muy interesante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
17.-No soporto estudiar matemáticas, incluso las partes más fáciles	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
18.- Para mi futuro profesional las matemáticas son una de las asignaturas más importantes que tengo que estudiar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
19.- Las matemáticas son una de las asignaturas más aburridas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
20.- Si tuviera oportunidad me apuntaría a asignaturas optativas relacionadas con las matemáticas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
21.- Aprender matemáticas es cosa de unos pocos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
22.- Siempre he tenido problemas con las matemáticas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
23.- No tengo ni idea de qué van las matemáticas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
24.- Mis padres se preocupan más de los resultados y notas en matemáticas que de las otras asignaturas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

25.- Haga lo que haga, siempre saco notas bajas en matemáticas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
26.- Para mis maestros y profesores de matemáticas era y soy un buen alumno	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
27.- No sé estudiar las matemáticas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
28.- Me suelo sentir incapaz de resolver problemas matemáticos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
29.- En matemáticas me cuesta trabajo decidir qué tengo que hacer para aprobar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
30.- Puedo llegar a ser un buen alumno de matemáticas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
31.- Las matemáticas son un “rollo”	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
32.- Soy una de esas personas que no nació para aprender matemáticas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
33.- Soy bueno en matemáticas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
34.- Me siento más torpe en matemáticas que la mayoría de mis compañeros de clase	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
35.- Las matemáticas me confunden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
36.- Suelo tener dificultades con las matemáticas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
37.- Se me da bien calcular mentalmente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
38.- Puedo pasarme horas estudiando matemáticas y haciendo problemas; el tiempo se me pasa rapidísimo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
39.- Cuando tengo que estudiar matemáticas voy a la tarea con cierta alegría	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
40.- Cuando tengo alguna dificultad con las matemáticas suelo pedir ayuda a mi familia (padres, hermanos...)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
