



Diseño y validación metodológica de instrumentos para la medición integrada de variables cognitivas y afectivas en la formación inicial del profesorado de matemática

Methodological Design and Validation of Instruments for Integrated Measurement of Cognitive and Affective Variables in Initial Mathematics Teacher Education

Desenho e validação metodológica de instrumentos para mensuração integrada de variáveis cognitivas e afetivas na formação inicial de professores de matemática

Maitere Aguerrea^{1*}, Carolina Marchant¹, Lucía Cornejo¹, Emilia Espinoza¹, Francisca Gajardo¹

Received: Sep/15/2024 • Accepted: Apr/22/2025 • Published: Nov/30/2025

Resumen



[Objetivo] Este estudio tuvo como propósito diseñar y validar los instrumentos para evaluar errores matemáticos, ansiedad matemática y habilidades visoespaciales en estudiantes de pedagogía en matemática, con el fin de generar información que permita relacionar estas variables para atender la calidad de los aprendizajes, considerando la perspectiva de género. **[Metodología]** El estudio es de tipo cuantitativo, no experimental, con un diseño descriptivo, de alcance correccional y de corte transversal. El proceso incluyó tres etapas: en primer lugar, el diseño de dos instrumentos preliminares; uno con 32 ítems para medir la ansiedad matemática y otro con 52 ítems para evaluar las dificultades y errores matemáticos, además de las habilidades espaciales. En la segunda etapa, los instrumentos fueron validados por personas expertas y, finalmente, se llevó a cabo una aplicación a una muestra piloto, tras la cual se reformularon y mejoraron los ítems. **[Resultados]** El proceso dio como resultado tres instrumentos: uno para medir la ansiedad matemática (20 ítems, fiabilidad de 0.825), otro para evaluar errores y dificultades matemáticas (41 ítems, fiabilidad de 0.973) y un tercero para medir la habilidad visoespacial (9 ítems, fiabilidad de 0.982). **[Conclusiones]** Los instrumentos desarrollados permiten diagnosticar con validez y fiabilidad errores, ansiedad matemática y habilidades visoespaciales en la formación inicial docente. Estos datos sustentan estrategias pedagógicas equitativas, al considerar variables que afectan el rendimiento y las brechas de género, así como proyectan nuevas líneas de investigación sobre su impacto en la trayectoria formativa.

* Autor para correspondencia

Maitere Aguerrea, maguerrea@ucm.cl, <https://orcid.org/0000-0002-7513-982X>

Carolina Marchant, cmarcant@ucm.cl, <https://orcid.org/0000-0003-1832-4444>

Lucía Cornejo, lucia.cornejo@alu.ucm.cl, <https://orcid.org/0009-0003-2110-9259>

Emilia Espinoza, emilia.espinoza.02@alu.ucm.cl, <https://orcid.org/0009-0002-9036-4918>

Francisca Gajardo, francisca.gajardo@alu.ucm.cl, <https://orcid.org/0009-0002-7796-6666>

1 Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile



Palabras clave: ansiedad matemática; enseñanza de la matemática; errores matemáticos; formación de profesores de matemática; habilidad visoespacial; instrumento de evaluación.

Abstract

[Objective] This study is intended to design and validate instruments for assessing mathematical errors, math anxiety, and visuospatial abilities in prospective mathematics teachers, to generate information that relates these variables to learning quality, from a gender perspective. **[Methodology]** This is a quantitative, non-experimental study with a descriptive, correlational scope and a cross-sectional design. The process included three stages: first, the design of two preliminary instruments—one with 32 items to measure math anxiety and another with 52 items to assess mathematical difficulties, errors, and spatial abilities. In the second stage the instruments were validated by experts, and finally, a pilot test was conducted, after which the items were revised and improved. **[Results]** The process resulted in three instruments: one to measure math anxiety (20 items, reliability = 0.825), one to assess mathematical errors and difficulties (41 items, reliability = 0.973), and another to measure visuospatial ability (9 items, reliability = 0.982). **[Conclusions]** The instruments developed allow for valid and reliable diagnosis of mathematical errors, math anxiety, and visuospatial abilities in initial teacher education. This information supports the development of equitable pedagogical strategies by addressing variables that affect performance and gender gaps, and opens new lines of research on their impact on teacher training trajectories.

Keywords: Mathematical errors; mathematical anxiety; visuospatial ability; mathematics teaching; assessment tool; mathematics teacher education.

Resumo

[Objetivo] Este estudo teve como objetivo elaborar e validar instrumentos para avaliar erros matemáticos, ansiedade matemática e habilidades visuoespaciais em estudantes de pedagogia matemática, a fim de gerar informações que permitam relacionar essas variáveis para abordar a qualidade da aprendizagem, considerando a perspectiva de gênero. **[Metodologia]** O estudo é quantitativo, não experimental, com delineamento descritivo, escopo correlacional e coorte transversal. O processo incluiu três etapas: primeiro, a elaboração de dois instrumentos preliminares: um com 32 itens para medir a ansiedade matemática e outro com 52 itens para avaliar dificuldades e erros matemáticos, bem como habilidades espaciais. Na segunda etapa, os instrumentos foram validados por especialistas e, por fim, foi realizada uma aplicação em uma amostra piloto, após a qual os itens foram reformulados e aprimorados. **[Resultados]** O processo resultou em três instrumentos: um para medir a ansiedade matemática (20 itens, confiabilidade de 0,825), outro para avaliar erros e dificuldades matemáticas (41 itens, confiabilidade de 0,973) e um terceiro para medir a habilidade visuoespacial (9 itens, confiabilidade de 0,982). **[Conclusões]** Os instrumentos desenvolvidos permitem um diagnóstico válido e confiável de erros, ansiedade matemática e habilidades visuoespaciais na formação inicial de professores. Esses dados dão suporte a estratégias pedagógicas equitativas ao considerar variáveis que afetam o desempenho e as disparidades de gênero, além de projetar novas linhas de pesquisa sobre seu impacto na trajetória formativa.

Palavras-chave: ansiedade matemática; ensino de matemática; erros de matemática; formação de professores de matemática; capacidade visuoespacial; instrumento de avaliação.



Introducción

Los errores matemáticos, entendidos como interpretaciones y argumentaciones incorrectas por conceptos y procedimientos deficientes, han sido investigados en las últimas décadas (Soneira, 2023). Estos errores, presentes desde el ingreso a la universidad, inciden de forma negativa en el aprendizaje matemático durante los primeros años de formación universitaria, al asociarlos a una débil consolidación de habilidades clave –como el razonamiento, la reflexión y la aplicación de estrategias matemáticas– que debieron desarrollarse en la escolaridad obligatoria (Bolaños-Barquero y Segovia, 2021).

En el caso de la formación inicial docente en matemática, resulta evidente la necesidad de estudiar los errores matemáticos. Investigaciones en esta área revelan dificultades en problemas relacionados con el conocimiento lingüístico y semántico, el razonamiento, las representaciones y los procesos matemáticos (Soneira, 2023). Persisten errores aritméticos, estadísticos, geométricos y sobre el concepto de infinito, los cuales denotan una resistencia epistemológica en estudiantes y docentes (Moreno *et al.*, 2021). También se observan errores en la aplicación de propiedades matemáticas que persisten en la formación universitaria; esto sugiere revisar las estrategias curriculares. Estas dificultades no solo comprometen el aprendizaje del futuro profesorado, sino que limitan su capacidad de identificar, analizar y corregir errores en sus propios estudiantes, al generar un círculo vicioso de reproducción de errores (Aguerrea *et al.*, 2022).

A estas limitaciones se suman factores afectivos, incluyendo la ansiedad matemática, manifestándose como tensión, nerviosismo y miedo ante situaciones relacionadas

con matemática (Sánchez *et al.*, 2022). Este fenómeno se ha estudiado en contextos universitarios (Ortiz-Padilla *et al.*, 2020), pues incide en la elección de carreras universitarias, especialmente en mujeres, y actúa como una barrera potencial en el acceso a programas de formación; por ejemplo, pedagogía en matemática (Eidlin-Levy *et al.*, 2023). Este efecto podría influir de manera negativa en el desempeño y en la autopercepción de competencias de quienes optan por convertirse en docentes, y esto afecta su capacidad para enseñar matemática de manera eficaz y equitativa. Así, la ansiedad matemática es un desafío en la educación, lo cual perjudica a ambos géneros, aunque con diferencias. Las mujeres reportan niveles más altos de ansiedad que sus pares masculinos, lo que impacta negativamente su autoeficacia y rendimiento en matemática (Tuncer y Yilmaz, 2020; Steinmayr *et al.*, 2020). Además, los varones tienden a tener un autoconcepto matemático más alto y esto reduce su ansiedad y mejora su rendimiento. Para disminuir estas diferencias se propone considerar el error como una oportunidad de aprendizaje, al fomentar la participación femenina, promoviendo ambientes no competitivos y destacando la relevancia práctica de la matemática (Macho *et al.*, 2020).

En paralelo, estudios sugieren que la habilidad visoespacial permite generar y transformar imágenes mentales, por lo que se convierte en una habilidad cognitiva fundamental para el rendimiento en matemática (Ashkenazi y Velner, 2023). Alta habilidad visoespacial implica capacidad para manipular representaciones visuales complejas, distinguir formas desde distintas perspectivas y orientarse de manera eficaz a través de mapas, diagramas o figuras geométricas (Brucker *et al.*, 2024). También existen diferencias de género en la habilidad



visoespacial, los hombres superan a las mujeres (Wang, 2020). Las personas con baja capacidad visoespacial y alta ansiedad matemática tienden a tener más dificultades para resolver problemas que implican visualización, así se evidencian las diferencias de género en el rendimiento matemático. Esta situación se observa en Chile, donde persisten brechas de género en matemática y tecnología a favor de los hombres, estas se originan en la infancia y se mantienen durante toda la etapa formativa (SAGA UNESCO Chile, 2021).

Apesar de la evidencia acumulada, persiste un vacío en la integración de variables cognitivas (como la habilidad visoespacial), afectivas (como la ansiedad matemática) y pedagógicas (como el análisis de errores), así como la relación entre sí, en el diagnóstico de estudiantes en formación inicial docente para identificar perfiles en función de dichas variables, junto con el análisis de su incidencia en el rendimiento académico, lo cual podría constituir un aporte significativo para fundamentar acciones de prevención y abordaje de estas dificultades en los programas de formación inicial.

Frente a este escenario, en el presente estudio se propuso diseñar y validar instrumentos para diagnosticar errores matemáticos, niveles de ansiedad matemática y habilidades visoespaciales en estudiantes de pedagogía en matemática, con el fin de generar información que oriente estrategias pedagógicas pertinentes, al relacionar estas variables y atender las diferencias de género en los aprendizajes matemáticos. Así, la investigación definió los siguientes objetivos: 1) diseñar tres instrumentos destinados a diagnosticar errores matemáticos, niveles de ansiedad matemática y habilidades visoespaciales en estudiantes que ingresan a una carrera de pedagogía en matemática; y 2)

validar los instrumentos diseñados mediante juicio de personas expertas y análisis estadísticos de fiabilidad, al evaluar su consistencia interna, validez de contenido y posibles diferencias por género, con el propósito de avanzar hacia mediciones equitativas.

Marco teórico

Dificultades y errores matemáticos

Con el objetivo de fomentar una formación integral, el currículum nacional chileno establece una base cultural común a través de los objetivos de aprendizaje en sus bases curriculares (Mineduc, 2016; 2019). En este marco, la comprensión y aplicación de la matemática resulta fundamental para una adecuada alfabetización ciudadana. Se espera que el estudiantado desarrolle pensamiento matemático y una comprensión profunda de conceptos clave. Para ello, la enseñanza se organiza en torno a la resolución de problemas, representación, modelación, argumentación, comunicación y actitud hacia la matemática, lo cual permite estructurar los contenidos en cuatro ejes: números, álgebra y funciones, geometría y probabilidad y estadística. El dominio de nociones como porcentajes, funciones, ecuaciones, semejanza o inferencia se torna esencial.

Durante el confinamiento por SARS-CoV-2, el aprendizaje escolar se vio seriamente afectado debido a la baja autonomía del estudiantado y las dificultades docentes para gestionar las clases a distancia (Mineduc, 2021). En respuesta, el Ministerio de Educación de Chile actualizó la priorización curricular, con el objetivo de promover la integración de aprendizajes esenciales del currículum vigente, con énfasis en la resolución de problemas y modelación matemática para favorecer una comprensión crítica, analítica y autónoma de la realidad (Mineduc, 2023a).



No obstante, estudios recientes evidencian que el alumnado muestra dificultades en la resolución y modelación de problemas, especialmente en el uso de conceptos, procedimientos y estrategias matemáticas. Los errores más frecuentes se producen durante la resolución, asociados a operaciones incorrectas (Sukoriyanto, 2020; Rr Chusnul *et al.*, 2017). El modelado también resulta desafiante cuando no se dominan los conceptos involucrados (Huinchahue *et al.*, 2018). En esta línea, Moreno *et al.* (2021) y Aguerrea *et al.* (2025) identifican cuatro tipos de errores: simplificación, matematización, resolución e interpretación, para lo cual se observa su ocurrencia en todas las categorías.

El error matemático puede ser una oportunidad para mejorar el conocimiento matemático, si se aborda con intervenciones didácticas adecuadas Aguerrea *et al.* (2022). De acuerdo con Sucas (2007), los errores son esquemas cognitivos inadecuados que pueden originarse en conocimientos aplicables en ciertos contextos pero no en otros (obstáculos), en estados de desarrollo en los sistemas de representación (ausencia de sentido) o en actitudes afectivas y emocionales como la falta de concentración y la excesiva confianza (actitudes afectivas y emocionales). Brousseau (1989) clasifica los errores en obstáculos psicogenéticos, didácticos y epistemológicos. Los obstáculos psicogenéticos provienen del desarrollo cognitivo de cada estudiante, los didácticos de la metodología de enseñanza y los epistemológicos de la complejidad de los conceptos matemáticos. La Tabla 1 presenta una caracterización de algunos errores matemáticos que comete el alumnado.

Los errores persistentes en el alumnado en formación inicial, como los que evidencia Aguerrea *et al.* (2022), abarcan aritmética, álgebra y geometría, incluyendo dificultades y errores con la operatoria con raíces, potencias, logaritmos, desigualdades, fracciones algebraicas, factorización, ecuaciones cuadráticas, funciones, modelamiento algebraico, transformaciones isométricas, y conceptos de congruencia y semejanza. Mientras que en estadística, se detectan errores conceptuales y procedimentales, como confundir estadístico y parámetro, interpretar erróneamente el Teorema del Límite Central, errores en el cálculo de media y desviación típica, y confusiones en la interpretación de niveles de significación, *p*-valor, cálculos de probabilidades, entre otros (López-Martín *et al.*, 2019; Shih y Marchant, 2021).

Ansiedad matemática

La ansiedad matemática, reconocida por su impacto negativo en el rendimiento académico en diversos niveles educativos, se define como una respuesta emocional negativa ante situaciones que involucran el uso de la matemática (Ashkenazi y Velner, 2023; Tuncer y Yilmaz, 2020; Recber *et al.*, 2018; Maloney y Beilock, 2012; Nortes y Nortes, 2014). Esta se manifiesta en

Tabla 1. *Taxonomías para clasificar errores matemáticos*

Taxonomía de Radatz	Taxonomía de Ashlock
Errores debido a dificultades de lenguaje.	Errores de concepto.
Errores debido a dificultades para obtener información espacial.	Errores de prerequisito.
Errores debido a un aprendizaje deficiente de hechos, destrezas y conceptos previos.	Errores de proceso.
Errores debidos a asociaciones incorrectas o a rigidez del pensamiento.	Errores de atención.
Errores debidos a la aplicación de reglas o estrategias irrelevantes.	Errores de lectura o interpretación.

Nota: adaptado de Radatz (1979) y Ashlock (2006).



sentimientos de tensión, miedo, inseguridad y síntomas físicos que afectan la resolución de problemas y el desempeño académico ([Sánchez et al., 2022](#)).

El Informe Nacional PISA 2022 ([Agencia de Calidad de la Educación de Chile, 2022](#)) identifica la ansiedad matemática como un factor negativo en el rendimiento en Matemática, Ciencias y Lectura, lo cual evidencia su efecto transversal. Esta ansiedad consume recursos cognitivos clave, así como dificulta la concentración y el desempeño ([Maloney y Beilock, 2012](#)), y puede originarse desde etapas escolares tempranas, influida incluso por la ansiedad del profesorado respecto de su enseñanza ([Nortes y Nortes, 2014](#)).

Según [Ashkenazi y Velner \(2023\)](#), la ansiedad matemática presenta un efecto predictivo importante sobre el rendimiento en esta área. Asimismo, dicho rendimiento se ve influenciado por las habilidades espaciales reales –entendidas como una capacidad cognitiva objetiva– que por la ansiedad espacial percibida, la cual corresponde a una reacción emocional subjetiva frente a tareas espaciales. A diferencia de la ansiedad matemática, la ansiedad espacial no constituye un predictor relevante del desempeño; lo verdaderamente determinante es el nivel de competencia visoespacial, más que la percepción de nerviosismo asociada a este tipo de tareas.

[Tuncer y Yilmaz \(2020\)](#) analizaron la relación entre actitud hacia las clases de matemáticas, ansiedad matemática y rendimiento académico, para lo cual consideraron variables como género, curso, docente y asignatura favorita. Su estudio evidenció que la ansiedad matemática actúa como una variable mediadora y predictora del éxito académico.

[Vos et al. \(2023\)](#) demuestran que la ansiedad matemática, más que factores cognitivos como la memoria de trabajo,

explica las diferencias de género en el rendimiento, especialmente en tareas reflexivas. Proponen enfocar las intervenciones educativas en la reducción de la ansiedad y en el cuestionamiento de estereotipos de género para favorecer la participación femenina en matemáticas.

[Rossi et al. \(2022\)](#) analizaron la relación entre ansiedad matemática, autoconcepto y rendimiento, para lo cual consideraron la influencia de estereotipos de género. En este caso, encontraron efectos diferenciados por género en estas variables y advirtieron implicancias teóricas y metodológicas, pues los instrumentos podrían no ser igualmente válidos para hombres y mujeres en estudios sobre ansiedad matemática. Regular la ansiedad mejora significativamente el rendimiento matemático ([Maloney y Beilock, 2012](#)).

Al respecto, estudios sugieren diferentes estrategias, tales como mejorar las estrategias de estudio y promover el contacto frecuente con recursos matemáticos puede ayudar a estudiantes ansiosos a habituarse a la ansiedad y mejorar su comprensión y rendimiento académico en matemáticas ([Rossi et al., 2022](#)).

Para evaluar la ansiedad existen varios instrumentos. El cuestionario STAI de [Spielberger et al. \(1983\)](#) mide ansiedad, estado y rasgo (40 ítems, con una consistencia interna de 0.90-0.94). En cuanto a la ansiedad matemática, la Escala Abreviada de Ansiedad Matemática (AMAS) de [Hopko et al. \(2003\)](#) evalúa dos dimensiones: ansiedad ante el aprendizaje y ante la evaluación (coeficiente de confiabilidad (α) entre 0.85 y 0.90). La Tabla 2 presenta la escala AMAS traducida al español y validada por [Brown y Sifuentes \(2016\)](#).



Tabla 2. Escala abreviada de ansiedad matemática

Dimensiones	Ítem
Ansiedad hacia el aprendizaje de Matemática.	Tener que utilizar las tablas que están al reverso del libro de matemática. Observar al profesor trabajar en una ecuación algebraica en el pizarrón. Iniciar un capítulo nuevo del libro de matemática. Escuchar a otro estudiante explicar una fórmula matemática. Escuchar la clase de matemática.
Ansiedad hacia la evaluación en Matemática.	Se me asigne una tarea con muchos problemas difíciles, para entregar en la siguiente clase. Tener un examen en una clase de matemática. Tener un “examen sorpresa” en una clase de matemática. Un día antes, estar pensando sobre el próximo examen de matemática.

Nota: fuente [Brown y Sifuentes \(2016\)](#).

[Ortiz-Padilla et al. \(2020\)](#), en un estudio con estudiantes de ingeniería, aplicaron la escala AMAS y detectaron un alto nivel de ansiedad matemática moderada, asociada a la carga matemática de la carrera. No obstante, no hallaron relación directa entre ansiedad y rendimiento académico, quizás por factores como el autoconcepto o la ansiedad estado.

Paralelamente, la subescala de [Pérez-Tyteca \(2012\)](#), adaptada de la Escala de ansiedad hacia la Matemática que originalmente desarrolló [Fennema y Sherman \(1976\)](#), clasifica la ansiedad matemática en tres dimensiones: ansiedad global hacia la

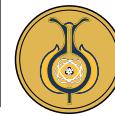
matemática, ansiedad ante la resolución de problemas y ansiedad frente a los exámenes (coeficiente de confiabilidad (α) de 0.87). Como se muestra en la Tabla 3, su aplicación permite identificar niveles de ansiedad matemática de acuerdo con los rangos previamente establecidos.

Al respecto, [Villamizar-Acevedo et al. \(2020\)](#) utilizaron la Escala de ansiedad Matemática de Fennema-Sherman para investigar la relación entre ansiedad matemática y rendimiento académico en matemática en el caso 127 estudiantes de secundaria. Los resultados mostraron una relación inversa; es decir, a mayor ansiedad menor rendimiento académico.

Tabla 3. Clasificación según Pérez-Tyteca de la Escala de ansiedad de Fennema-Sherman

Subescala	Ítems
Ansiedad global hacia las Matemáticas.	Tengo mucho miedo a las matemáticas. No me gustaría cursar más asignaturas de matemáticas. Normalmente estoy intranquilo en las clases de matemáticas. Normalmente, las matemáticas me ponen incómodo y nervioso. Las matemáticas me ponen incómodo, inquieto, irritable e impaciente. Las matemáticas me hacen sentir preocupado, confundido y nervioso.
Ansiedad hacia la resolución de problemas.	Normalmente me preocupo de si soy capaz de resolver los problemas de matemáticas. Me pongo malo/a cuando pienso en resolver problemas de matemáticas. Cuando hago problemas de matemáticas se me queda la mente en blanco y no soy capaz de pensar claramente.
Ansiedad hacia los exámenes.	Casi siempre me pongo nervioso en un examen de matemáticas. Normalmente estoy intranquilo en los exámenes de matemáticas. Una prueba de evaluación de matemáticas me da miedo.

Nota: adaptado de [Pérez-Tyteca \(2012\)](#).



Habilidad visoespacial

La habilidad visoespacial es la capacidad de crear imágenes mentales a partir de la experiencia visual, transformando información en representaciones mentales de objetos, relaciones y conceptos. Estas incluyen imágenes pictóricas, fórmulas, patrones y percepción espacial. El proceso visoespacial consta de dos etapas claves: convertir información abstracta en imágenes visuales y transformar estas, así como interpretar las representaciones visuales para extraer información (Gutiérrez, 1992). En la Tabla 4 se detallan las habilidades visoespaciales caracterizadas por la organización y escaneo visual, generación y reconstrucción de imágenes y manipulación de imágenes.

En este contexto, se considera un bajo nivel, si hay visualización de configuraciones bidimensionales sin transformación mental, y un alto nivel, si se visualizan y manipulan mentalmente configuraciones tridimensionales.

Juárez-Ruiz *et al.* (2022) estudiaron las habilidades visoespaciales de estudiantes de ingeniería en el cálculo de volúmenes con cálculo integral. Los resultados

mostraron que menos del 50 % lograba generar y manipular imágenes tridimensionales, como la creación de sólidos de revolución con huecos. Sin embargo, esta habilidad mejoró de forma significativa tras una intervención con un *software* matemático para visualización.

Asimismo, Ramírez-Uclés y Flores-Martínez (2017) basan su investigación en la caracterización de habilidades psicológicas para la visualización en contextos geométricos, según Del Grande (1990) y Gutiérrez (1992). Esta caracterización también la utiliza Moral-Sánchez (2023) en su estudio sobre realidad virtual y geometría para desarrollar habilidades espaciales (Tabla 5).

Ramírez-Uclés y Flores-Martínez (2017) hallaron una estrecha relación entre las habilidades visuales y el tipo de tarea. La habilidad más destacada fue la percepción figura-contexto, mientras que la conservación de la percepción, que mantiene una interpretación coherente, mostró menos manifestaciones incompletas. En contraste, la discriminación visual, que distingue entre figuras, tuvo el menor número de manifestaciones correctas, relacionadas con el reconocimiento de propiedades específicas.

Tabla 4. Caracterización de las habilidades visoespaciales

Habilidad visual	Descripción
Organización visual	Habilidad para reconocer conceptos figurales a partir de representaciones incompletas o no perfectamente visibles.
Escaneo visual	Habilidad para reconocer las propiedades de una figura a partir de su representación.
Generación de imagen	Habilidad para reproducir en la mente el componente figural de un concepto figural, recuperándolo de la memoria o generándolo de nuevo.
Reconstrucción visual	Habilidad para reconstruir el componente figural de un concepto figural en una representación dada, de forma autónoma o a partir de indicaciones escritas o verbales o representaciones parciales.
Manipulación de imagen	Habilidad para usar propiedades de un concepto figural o de manipular aspectos figurales de un concepto figural, considerando relaciones teóricas entre unidades figurales elementales de las que está compuesta. Se involucra en tareas que requieren manipulación mental de una figura para transformarla en una nueva.

Nota: adaptación de Miragliotta *et al.* (2017).

Tabla 5. *Caracterización de habilidades de visualización*

Habilidades	Caracterización de las habilidades
Coordinación ojo-motor	Coordinar la visión con el movimiento del cuerpo.
Percepción figura-contexto	Reconocer una figura aislando de su contexto, en el que aparece camuflada o distorsionada por la superposición de otros elementos gráficos.
Conservación de la percepción	Reconocer que un objeto mantiene determinadas propiedades aunque cambie de posición o deje de verse por completo.
Percepción de la posición en el espacio	Relacionar la posición de un objeto con uno mismo o con otro objeto, que actúa como referencia.
Percepción de las relaciones espaciales	Identificar las relaciones internas entre varios objetos situados simultáneamente en el espacio.
Discriminación visual	Comparar dos imágenes e identificar sus semejanzas y diferencias visuales.
Memoria visual	Recordar las características visuales y de posición que tenían en un momento dado un conjunto de objetos que estaban a la vista, pero que ya no se ven o que han sido cambiados de posición.

Nota: fuente [Moral-Sánchez \(2023\)](#).

[Moral-Sánchez \(2023\)](#) aplicaron actividades basadas en esta caracterización para corregir errores geométricos, usando realidad virtual y materiales físicos, con lo cual se logran resultados positivos en el desarrollo de habilidades espaciales.

Consideraciones para una medición equitativa

Los Estándares de la Profesión Docente en Chile establecen competencias esenciales para asegurar aprendizajes de calidad, al promover prácticas pedagógicas inclusivas y con enfoque de género ([Mineduc, 2023b](#)). Para avanzar en igualdad, se requieren políticas educativas con perspectiva de género y estrategias formativas capaces de empoderar a las mujeres ([Aguado y Sleeter, 2021](#)). Sin embargo, aún faltan investigaciones sobre su implementación efectiva. Al respecto, [Vázquez-Cupeiro \(2015\)](#) advierte que los estereotipos influyen en la elección de carreras STEM y [Montes-de-Oca-O'Reilly \(2019\)](#) subraya la necesidad de integrar enfoques innovadores que promuevan equidad y excelencia educativa.

Al respecto, [Wang \(2020\)](#) revisa estudios sobre género, habilidad espacial,

ansiedad matemática y rendimiento en matemáticas, al proponer un modelo de mediación secuencial. La evidencia indica que la habilidad espacial es un mediador en la relación entre género y ansiedad matemática, esto afecta, a su vez, el rendimiento. Las mujeres, en promedio, presentan menor habilidad espacial y mayor ansiedad. Además, se destaca una relación bidireccional entre ansiedad y rendimiento matemático, al sugerir fortalecer la habilidad espacial puede reducir la ansiedad y favorecer la equidad de género en matemáticas y áreas STEM; lo cual ha orientado el propósito de este estudio.

En esta línea, se diseñaron instrumentos específicos para evaluar ansiedad, errores matemáticos y habilidades visoespaciales, procurando minimizar posibles sesgos de género. Sin embargo, la validez y el sesgo potencial de un instrumento pueden depender de las características de la muestra empleada en su validación. La obra *Standards for Educational and Psychological Testing*, elaborada por la [American Educational Research Association \(AERA\)](#), la [American Psychological Association \(APA\)](#) y el [National Council on Measurement in Education \(NCME\) \(2014\)](#), señala que el



sesgo constituye una amenaza directa a la validez y a la imparcialidad, lo cual debe ser analizado sistemáticamente en todas las etapas del proceso evaluativo (diseño, desarrollo, aplicación, corrección, reporte e interpretación); esto implica la necesidad de garantizar que las pruebas sean equitativas, considerando variables como el género, el idioma, la cultura, la discapacidad, entre otras. En consecuencia, en este estudio se incorporaron análisis estadísticos y juicio experto para fortalecer la validez de constructo desde una perspectiva de género.

Metodología

El estudio fue cuantitativo, no experimental, con un diseño descriptivo, de alcance correlacional y corte transversal, desarrollado en tres etapas: análisis de antecedentes, diseño de instrumentos y evaluación de validez y fiabilidad. Los datos se recolectaron en el año 2023, mediante una muestra piloto de 41 estudiantes de primer año de pedagogía en matemática, pertenecientes a dos universidades regionales chilenas, que cursan las asignaturas de álgebra y geometría. El 46 % se identificó con el género femenino, el 51 % con el masculino y el 3 % con otra categoría. Las edades oscilaron entre los 18 y los 27 años. Respecto a su trayectoria escolar, el 46 % provenía de establecimientos públicos, el 32 % de particulares subvencionados y el 22 % de técnico-profesionales; el 93 % reportó haber tenido buen rendimiento en la enseñanza media.

Asimismo, se conformó un comité de personas expertas, con trayectoria en el tema (Lynn, 1986), integrado por 10 especialistas –5 mujeres y 5 hombres–, de los cuales 7 poseen grado de doctorado y 3 de magíster, con trayectorias en los campos de la matemática, la estadística o la didáctica, con una experiencia profesional que oscila entre los 5 y los 25 años.

Para la validación, las personas expertas aceptaron participar de forma voluntaria y recibieron los documentos por correo electrónico. La aplicación de los instrumentos se realizó de forma presencial en las universidades participantes, durante el horario de clases, con una duración aproximada de 120 minutos, previa coordinación con las direcciones de escuela. Los criterios de inclusión fueron: ser estudiante regular de pedagogía en matemática, cursar el primer semestre y participar de manera voluntaria en el estudio.

Proceso de elaboración de los instrumentos

Para analizar los errores matemáticos, la ansiedad matemática y la habilidad visoespacial, se diseñaron dos instrumentos. El primero, enfocado en la ansiedad matemática (I1), fue un cuestionario tipo Likert adaptado de los instrumentos AMAS, STAI y Fennema-Sherman (tablas 2 y 3), sustentado en la necesidad de integrar distintos enfoques teóricos y dimensiones específicas de la ansiedad matemática. Este cuestionario constó de 32 ítems, codificados de A1 a A32, enunciados en forma positiva y negativa. El segundo (I2) evaluó dificultades y errores, así como la habilidad visoespacial. Este instrumento, con un total de 52 ítems codificados de P1 a P52, se dividió en dos secciones (parte I y II). La primera sección sobre dificultades y errores consistió en preguntas cerradas formuladas como afirmaciones que las personas participantes debían evaluar y argumentar, lo cual convierte las preguntas en parcialmente abiertas (P1-P42). Esta sección se basó en investigaciones previas y en la Tabla 1. La segunda sección, sobre habilidad visoespacial (P43-P52), incluyó preguntas abiertas desarrolladas según las caracterizaciones presentadas en las tablas 4 y 5.



El instrumento I1 se organizó en cinco dimensiones: ansiedad hacia la resolución de problemas, hacia la evaluación, hacia el aprendizaje, hacia la disciplina matemática, y ansiedad de rasgo (Tabla 6). Cada una de las primeras cuatro dimensiones incluyó subdimensiones como ansiedad global, ansiedad ante dificultades y errores, y ansiedad a problemas de visualización. La última dimensión abarcó estabilidad emocional, confianza y resiliencia. Se estableció con 5 niveles de respuesta (de “casi nunca” a “casi siempre”). El puntaje total varía entre 32 y 160 puntos, categorizando la ansiedad como baja (<79), media (80-111) o alta (>112).

Los ítems asociados a la ansiedad hacia las dificultades y a cometer errores son: A9, A12, A14, A15 y A16; hacia la ansiedad

a los problemas de visualización: A3, A4, A7, A17 y A11; y el resto entra en la caracterización ansiedad global (A1, A2, A5, A6, A8, A10 y A13).

Respecto al instrumento I2 (parte I), la Tabla 7 muestra la caracterización de los ítems según el eje curricular al que corresponden y la descripción de los errores.

En el instrumento I2 (parte I), se utiliza una escala de tres niveles: respuesta correcta (2 puntos), incorrecta (1 punto) y sin respuesta (0 puntos). El puntaje total oscila entre 0 y 84 puntos. Los niveles de logro se definen así: alto nivel de dificultades y errores (0-56 puntos), nivel medio (57-70 puntos) y bajo nivel (>71 puntos).

En cuanto al instrumento I2 (parte II), existen pruebas psicométricas que permiten

Tabla 6. Relación entre ítems y ansiedad matemática

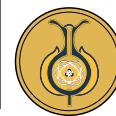
Clasificación ansiedad	Ítems
Ansiedad hacia la resolución de problemas	A2, A4, A9, A13, A19, A21, A23, A24.
Ansiedad hacia la evaluación	A1, A3, A8, A12, A18.
Ansiedad hacia el aprendizaje de la matemática	A5, A6, A10, A11, A16.
Ansiedad hacia la disciplina matemática	A7, A14, A15, A17, A20, A22.
Ansiedad de rasgo	A25, A26, A27, A28, A29, A30, A31, A32.

Nota: fuente propia de las personas investigadoras.

Tabla 7. Relación entre ítems sobre errores y ejes curriculares de matemática

Ejes Curricular	Descripción de los errores	Ítems
Números	Dificultades y errores al operar con números decimales, al comparar números en la recta real, al operar con exponentes, al operar con raíces y logaritmos.	P1-P12
Álgebra y Funciones	Dificultades y errores al aplicar ley de cancelación en ecuaciones y en simplificación de fracciones algebraicas; al factorizar, al sustraer expresiones algebraicas; al resolver ecuaciones de diversos grados; al manipular el término general de una sucesión; en desigualdades e inecuaciones; en representaciones gráficas de funciones; en funciones trigonométricas; y en la comprensión de problemas con enunciados.	P13-P27
Datos y Azar	Dificultades y errores en los conceptos de estadígrafos como media, mediana, moda y varianza; y gráficos estadísticos, en probabilidad frecuencial y probabilidad teórica.	P28-P35
Geometría	Dificultades y errores en congruencia y semejanza de triángulos; en ángulos centrales e inscritos en una circunferencia, en relaciones trigonométricas en un triángulo rectángulo; en simetrías del plano.	P36-P42

Nota: fuente propia de las personas investigadoras.



evaluar habilidades visuales mediante preguntas con tiempo limitado. Sin embargo, en docentes de matemática en formación, estas habilidades se relacionan con su dominio matemático y su desarrollo formativo. Por ello, se diseñó un instrumento específico para evaluar habilidades visoespaciales asociadas a contenidos del plan de estudios, como simetrías, rotaciones, cuerpos geométricos y sólidos de revolución, que permiten incorporar algunos ítems adaptados de test psicométricos (Ramírez-Uclés y Flores-Martínez, 2017).

Para la construcción de I2 (parte II), se seleccionaron los ítems siguiendo dos criterios de inclusión: 1) que pertenecieran a alguna de las categorías especificadas en la Tabla 5 (excluyendo el primero y el último) y 2) que constituyeran un conocimiento relevante para cada docente en formación. Esto incluye, por ejemplo, la capacidad de representar, manipular, procesar y transformar imágenes visuales (bidimensionales y

tridimensionales), reconociendo posiciones y relaciones, e interpretándolas para extraer información. Entre las principales acciones consideradas se encuentran: identificación visual, cambio del tipo de representación (plana o tridimensional), rotación mental de objetos, realización de simetría axial mental, plegado y desplegado de objetos, composición y descomposición en partes, y conteo de elementos visibles y no visibles, entre otras. En la Tabla 8 se destaca la clasificación de los 10 ítems construidos.

La codificación de las respuestas para evaluar las habilidades visoespaciales se basa en una escala de tres niveles: respuesta correcta (2 puntos), incorrecta (1 punto) y sin respuesta (0 puntos). El puntaje total oscila entre 0 y 20 puntos, con tres niveles de logro: bajo nivel de habilidad visoespacial (<5 puntos), medio nivel (6-15 puntos) y alto nivel (>16 puntos).

Tabla 8. *Relación entre ítems del instrumento y la caracterización de habilidades de visualización espacial*

Habilidades	Ítems
Utilización del proceso de formación de una estructura a partir de una menor.	P47
Identificación de elementos (segmentos, vértices, lados, caras, ángulos) dentro de una estructura mayor.	P43
Utilización de criterios de conservación de propiedades, haciendo referencia a la forma o al tamaño, a los movimientos (giros, traslaciones, volteos) o a las distintas perspectivas.	P52
Identificación de elementos ocultos (segmentos solapados, caras, vértices y lados que no se ven, etc.).	P50
Utilización de elementos de posición respecto a un objeto fijo o al propio observador (sistema de referencia, coordenadas, atrás, adelante, arriba, cerca, etc.).	P44
Identificación de las variaciones de posición que han sufrido figuras congruentes mediante traslaciones, giros y volteos.	P48
Utilización de aspectos que expresan la posición relativa de dos objetos (dirección, orientación, paralelismo, secantes, coincidentes, perpendiculares, simétricos).	P49
Identificación de relaciones entre un desarrollo plano de un poliedro y las cualidades del poliedro.	P45
Utilización de criterios de clasificación empleando semejanzas o diferencias.	P51
Identificación de semejanzas o diferencias entre dos objetos.	P46

Nota: adaptado de Ramírez-Uclés y Flores-Martínez (2017)



Juicio de personas expertos

Para garantizar que los ítems definidos en cada instrumento reflejen de manera completa y precisa los dominios que se pretende evaluar, es esencial determinar la validez de contenido del instrumento. Como se señala en [Lynn \(1986\)](#), es crucial considerar el propósito específico del instrumento, pues los índices de validez no son generalizables y pueden variar si el instrumento sufre algún tipo de modificación. En este sentido, para realizar una evaluación cualitativa y cuantitativa, y determinar la validez y confiabilidad de los instrumentos para su adecuada aplicación en el grupo piloto, estos fueron sometidos a un juicio experto.

Respecto al proceso para la validación por personas expertas, este se basó en los lineamientos de [Moral-Sánchez \(2023\)](#) y [Aiken \(1980\)](#) e incluyó las siguientes etapas: definición del objetivo del juicio de personas expertas, selección de los jueces, identificación de las dimensiones evaluadas por cada ítem del instrumento, especificación del objetivo del instrumento, asignación de pesos diferenciales a las dimensiones del instrumento, diseño de las planillas de evaluación, cálculo del grado de concordancia entre jueces, y elaboración de las conclusiones del juicio de personas expertas.

En este contexto, el comité llevó a cabo la evaluación de manera individual, al considerar criterios de suficiencia, claridad, y relevancia de los ítems. El análisis de desarrolló por separado según las dimensiones de estudio: ansiedad matemática (instrumento I1) y dificultades y errores matemáticos, junto con habilidad visoespacial (instrumento I2).

Para evaluar el nivel de pertinencia de los ítems según las observaciones realizadas por las personas jueces expertas, se calcularon los coeficientes de validez

correspondientes. Específicamente, se empleó el Coeficiente de Validez de Contenido de V-Aiken, que mide la concordancia entre las personas expertas sobre la relevancia de cada ítem ([Aiken, 1980](#)) y el Coeficiente de Validez de Contenido (CVC), el cual permite cuantificar la adecuación de los ítems en términos de claridad, representatividad y coherencia con los objetivos propuestos; así, proporciona una medida objetiva del grado en que los ítems reflejan adecuadamente los instrumentos evaluados.

Aplicación de los instrumentos a una muestra piloto

El juicio experto es crucial para validar y mejorar el instrumento en función de los comentarios y observaciones recibidas. Aunque este proceso garantiza la suficiencia, claridad, coherencia y relevancia de los ítems, es fundamental aplicar el instrumento en una muestra piloto. Esto permite verificar su funcionamiento en un entorno real, estimar el tiempo de respuesta, identificar posibles problemas de redacción o comprensión, y evaluar su consistencia interna. Despues de la revisión experta, los instrumentos reformulados fueron aplicados al grupo piloto.

Para evaluar la fiabilidad de los instrumentos, se realizó un análisis detallado de los ítems mediante el coeficiente α de Cronbach, calculado con el software IBM SPSS versión 29. La fiabilidad de los instrumentos que miden ansiedad y aspectos disciplinares (dificultades, errores y habilidad visoespacial) se analizó por separado. El coeficiente α de Cronbach mide la consistencia interna, reflejando la correlación promedio entre los ítems, lo cual indica en qué medida los ítems miden el constructo. Un valor de α entre 0.7 y 0.9 es considerado aceptable, esto indica una buena fiabilidad y coherencia interna de los ítems ([Cronbach, 1951](#)).



El análisis factorial confirmatorio es una técnica estadística capaz de evaluar la adecuación de un modelo estructural que relaciona los ítems con los factores latentes, y esto ayuda a validar los constructos teóricos. Según la literatura, la escala Likert es más eficaz con 5 o más categorías y distribuciones simétricas (Bandalos y Finney, 2018). Por ello, este análisis se aplicó únicamente al instrumento II

Análisis y resultados

Análisis de validez por jueces expertos

Primero, se presentan los resultados obtenidos por la validez de personas expertas respecto al instrumento I2. En la Tabla 9 se entregan los resultados de la validación del instrumento sobre dificultades y errores, y habilidad espacial, entregando los coeficientes V-Aiken por dimensión y criterio utilizado para validar el contenido, además de los promedios globales. En esta tabla se puede ver que el coeficiente V-Aiken global es de 0,91; esto indica un alto grado de

acuerdo entre los jueces. En cuanto a los coeficientes por dimensión y por criterio, se observan alto grado de concordancia entre los jueces, solo en la dimensión V se observa un coeficiente promedio 0.85. Sin embargo, el instrumento fue revisado posterior a esta validación en términos de redacción, de acuerdo con los comentarios de los jueces mejorando la claridad de algunos ítems de esta dimensión. No se eliminó ningún ítem en esta etapa.

Alternativamente, el Coeficiente de Validez de Contenido CVC, que propone Hernández-Nieto (2002), permite valorar el grado de acuerdo de los jueces expertos respecto a cada uno de los diferentes ítems y al instrumento en general. Asociado a este coeficiente se obtiene un error asignado a cada ítem, con el objetivo de reducir posibles sesgos introducidos por alguno de los jueces.

A modo de interpretación, Hernández-Nieto (2002) sugiere mantener en el instrumento aquellos ítems con un CVC marginal superior a 0.80. La Tabla 10 entrega el error promedio de los ítems de cada dimensión, el valor CVC por dimensión y el valor global del CVC para el instrumento. Desde

Tabla 9. *Resultados de la validación del instrumento II*

Dimensiones	V-Aiken	V-Aiken	V-Aiken	Total
	Suficiencia	Claridad	Relevancia	
I) Números	0.95	0.97	0.88	0.94
II) Álgebra y Funciones	0.94	0.95	0.89	0.92
III) Datos y Azar	0.88	0.92	0.89	0.90
IV) Geometría	0.92	0.96	0.92	0.93
V) Habilidad visoespacial	0.89	0.80	0.89	0.85

Nota: fuente propia de la investigación.

Tabla 10. *Error promedio de los ítems de cada dimensión, el valor CVC por dimensión y el valor global del CVC para el instrumento II*

	Dim. I	Dim. II	Dim. III	Dim. IV	Dim. V
Error promedio	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
CVC/dimensión	0.95	0.94	0.92	0.95	0.89
CVC Promedio					0.93

Nota: fuente propia de la investigación.



esta tabla se observa que el error promedio reportado por dimensión es marginal y el valor global del CVC es de 0.93, lo cual corrobora los resultados del coeficiente V-Aiken, esto indica un alto acuerdo entre los jueces de los ítems del instrumento en general.

Con respecto al análisis de validez por jueces expertos del instrumento I1, las tabla 11 y 12 entregan los coeficientes V-Aiken por dimensión y criterio, y Coeficiente de Validez de Contenido, respectivamente.

Como se observa, las puntuaciones y opiniones expertas proporcionan, en general, una apreciación positiva en relación con los indicadores. Sin embargo, se modificaron los ítems que obtuvieron una menor puntuación respecto a su claridad, así como se eliminaron aquellos que sugirieron las personas expertas para disminuir la cantidad de ítems focalizando el instrumento en las dimensiones I, II, III y V.

En consecuencia, el instrumento I1 se redujo a 20 ítems (A1, A2, A3, A4, A7, A8, A9, A10, A12, A13, A14, A15, A17, A19, A21, A23, A24, A27, A28 y A30) y a las cuatro dimensiones mencionadas. La eliminación de la dimensión IV se sustenta en que la elección consciente de la enseñanza

de la matemática como carrera sugiere una aceptación general de la disciplina, y esto reduce la posibilidad de manifestar altos niveles de ansiedad en dicho aspecto. En este sentido, mantener esta dimensión podría generar sesgos en los resultados, al no representar una preocupación relevante dentro de estos futuros profesores. Asimismo, su inclusión podría diluir el foco de las demás dimensiones, las cuales son más pertinentes y específicas a las situaciones que provocan ansiedad en el contexto del aprendizaje, enseñanza y evaluación matemática.

Análisis de fiabilidad de los instrumentos

Para evaluar la consistencia interna del instrumento I2 se utilizó el coeficiente α de Cronbach. Este entregó un valor de 0.973, con una media de 43.14 y desviación estándar de 25.22, lo cual indica existe gran consistencia interna de los ítems dentro del instrumento. Se realizó un análisis de la consistencia interna del instrumento, si se eliminara cada ítem y, con base en la correlación total corregida, ningún ítem presenta correlación negativa ni cercana a cero. Por

Tabla 11. *Resultados de la validación del instrumento I1*

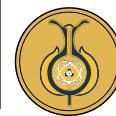
Dimensiones	V-Aiken	V-Aiken	V-Aiken	Total
	Suficiencia	Claridad	Relevancia	
I) Ansiedad hacia la resolución de problema.	0.99	0.88	0.96	0.94
II) Ansiedad hacia la evaluación.	0.97	0.83	0.93	0.91
III) Ansiedad hacia el aprendizaje de las matemáticas.	1.00	0.91	0.98	0.97
IV) Ansiedad hacia la disciplina matemática.	1.00	0.84	0.98	0.94
V) Ansiedad de rasgo.	0.97	0.86	0.85	0.89

Nota: fuente propia de la investigación.

Tabla 12. *Error promedio de los ítems de cada dimensión, el valor CVC por dimensión y el valor global del CVC para el instrumento I1*

	Dim. I	Dim. II	Dim. III	Dim. IV	Dim. V
Error promedio	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
CVC Promedio	0.95				

Nota: fuente propia de la investigación.



lo tanto, en este contexto no sería necesario eliminar ninguno de los ítems para mejorar la consistencia interna de la escala. No obstante, como la aplicación piloto tiene el propósito de evaluar diferentes aspectos, como el tiempo asignado, la claridad, la comprensión de los enunciados, entre otros, se decidió excluir dos preguntas (P2 y P44), pues no generaron ninguna dificultad ni error en las respuestas del grupo piloto.

Además, se decidió dividir este instrumento en dos; esto porque tomó más tiempo de lo querido que el estudiantado contestara (entre 120 y 160 minutos), lo cual implica que le dedicaran menos tiempo a la parte de habilidades visoespaciales. Así, el instrumento I2 fue dividido en dos: originado un instrumento I3, dedicado solo a evaluar la habilidad visoespacial (con una fiabilidad de 0.982).

Asimismo, el análisis de la consistencia interna del instrumento I1 da un coeficiente α de Cronbach con valor de 0.825, con una media de 55.06 y desviación estándar de 11.316, esto indica que existe una alta consistencia interna de los ítems dentro del instrumento. No siendo necesario eliminar ninguno de los ítems para mejorar la consistencia interna de este instrumento.

Análisis factorial confirmatorio

Para esclarecer la estructura subyacente de los datos, se llevará a cabo la identificación de los factores resultantes del análisis factorial confirmatorio del instrumento I1. Se identificaron cuatro factores mediante el método de extracción de factorización de eje principal con rotación Promax y normalización Kaiser (Bandalos y Finney, 2018). Estos factores fueron seleccionados con base en sus autovalores mayores a 1 (5.17, 3.23, 2.23 y 1.58 respectivamente); esto explica en conjunto el 61% de la varianza total. Específicamente, los factores explican el 25.84 %, 16.15 %, 11.15 % y 7.88 % de la varianza. En la Tabla 11 se presenta la matriz de estructura para los cuatro factores, en la cual solo se consideran los coeficientes factoriales mayores a $|0.1|$. Sin embargo, para la interpretación de los resultados, se ha adoptado un criterio de inclusión de $|0.4|$ para seleccionar los ítems más representativos. Los coeficientes menores a $|0.1|$ fueron excluidos debido a su baja contribución (Bandalos y Finney, 2018).

En la interpretación de la matriz de estructura, se observa una clara definición de los cuatro factores, lo cual sugiere que

Tabla 11. *Matrices de estructura de instrumento II*

Factor	Ítems									
	A1	A2	A3	A4	A7	A8	A9	A10	A12	A13
1		-0.223	0.232	0.183	0.498	0.149	0.393	0.113	0.675	0.650
2	0.765	0.867		-0.166	-0.282			0.458	-0.211	
3		-0.819	-0.819	-0.736	-0.113		-0.256	-0.460		-0.212
4	-0.296		-0.112	-0.500	-0.360	-0.119	0.469		-0.325	-0.313

Factor	Ítems									
	A14	A15	A17	A19	A21	A23	A24	A27	A28	A30
1	0.360	0.349	0.713		0.764	0.605	0.366	0.647		0.204
2	-0.235	0.188	-0.159	0.465	-0.104	0.132	0.614		0.426	0.155
3	-0.520			-0.750	-0.468	-0.117	-0.272	-0.181	-0.188	-0.171
4	-0.300	-0.636	-0.252		-0.165	-0.163	-0.103	-0.564	-0.268	-0.684

Nota: fuente propia de la investigación.



las dimensiones de la ansiedad matemática están bien representadas y diferenciadas en el modelo.

El Factor 1 agrupa, principalmente, ítems relacionados con la ansiedad hacia la resolución de problemas, se destacan las subdimensiones de ansiedad ante dificultades y errores (ítems A21 y A23), ansiedad global (ítem A13), además de incluir ítems de la ansiedad hacia el aprendizaje de la matemática (ítem A17) y la ansiedad hacia la evaluación, junto con la subdimensión de ansiedad a cometer errores (ítem A27). También incluye ítems vinculados a la ansiedad de rasgo y estabilidad emocional. Se observa interrelación entre dimensiones, por ejemplo, la ansiedad hacia la evaluación y la ansiedad hacia el aprendizaje de la matemática se agrupan dentro de un mismo factor, lo cual sugiere que existen conexiones entre estos tipos de ansiedad. Esto podría indicar que el estudiantado experimenta ansiedad en varios contextos y que estas situaciones se influyen mutuamente.

El Factor 2 se concentra en ítems que abordan la ansiedad hacia la resolución de problemas, especialmente en las subdimensiones de ansiedad global y ansiedad ante problemas de visualización (ítems A2 y A24). El Factor 3, por su parte, también está dominado por ítems relacionados con la ansiedad hacia la resolución de problemas, con un enfoque particular en la ansiedad ante problemas de visualización (ítem A4) y la ansiedad ante dificultades y errores (ítem A19); lo cual evidencia que la ansiedad hacia la resolución de problemas está presente en tres de los cuatro factores. Esto indica que la resolución de problemas es una fuente importante de ansiedad para el estudiantado, especialmente en las subdimensiones de ansiedad global, dificultades y errores, y problemas de visualización.

Finalmente, el Factor 4 agrupa ítems asociados a la ansiedad de rasgo, específicamente en la subdimensión de resiliencia (ítem A30), junto con ítems de la ansiedad hacia el aprendizaje de la matemática en la subdimensión de ansiedad ante errores (ítem A15) y ansiedad ante problemas de visualización (ítem A14), lo cual subraya la importancia de las características individuales de los estudiantes en su respuesta a situaciones matemáticas estresantes.

Cabe destacar que el uso del método de extracción por factorización de eje principal con rotación Promax y normalización Kaiser se justifica por la alta correlación entre las dimensiones del instrumento I1, con coeficientes significativos al 1 %. Esto permite obtener factores más claros a partir de las relaciones observadas. Los factores representan constructos latentes en las respuestas de futuras personas docentes, agrupadas según las correlaciones y cargas factoriales de cada ítem, lo cual refleja diversas dimensiones de la ansiedad matemática, como la ansiedad hacia la visualización o la resolución de problemas.

Análisis de diferencias de género en la construcción de los ítems

Los *Standards for Educational and Psychological Testing* (AERA, APA y NCME, 2014), indican que el sesgo de género constituye una amenaza a la validez. Entonces para evaluar posibles diferencias entre las respuestas de estudiantes según género, se aplicó la Prueba U de Mann-Whitney (Field, 2018), con un nivel de significancia del 1%. Todos los ítems presentaron *p*-valores superiores a 0.01, lo cual indica que no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre géneros. Esto sugiere una posible ausencia de sesgo de género en esta muestra. No obstante, lo



anterior no garantiza que el instrumento sea completamente imparcial en otras poblaciones, por lo que se recomienda cautela en la generalización e implementación futura.

Versión final de los instrumentos

En relación con el instrumento I1, destinado a medir la ansiedad matemática, la versión final contempla las dimensiones de ansiedad ante la resolución de problemas, ansiedad frente a la evaluación matemática, ansiedad hacia el aprendizaje de las matemáticas y ansiedad de rasgo, como factores relevantes de la personalidad. Este instrumento está compuesto por 20 ítems, con una fiabilidad de 0.825. La puntuación final oscila entre 20 y 100 puntos, estableciéndose tres niveles de ansiedad: ansiedad baja, si el puntaje es inferior a 36 puntos; ansiedad media, si el puntaje se encuentra entre 37 y 62 puntos; y ansiedad alta, si el puntaje supera los 62 puntos. El tiempo estimado para aplicar este instrumento es de 20 minutos.

En cuanto al instrumento I2, diseñado para evaluar solo las dificultades y errores matemáticos, la versión final está compuesta por 41 ítems, abarca todos los ejes temáticos del currículum chileno, y con una fiabilidad interna de 0.973. La puntuación en esta parte del instrumento, basada en la escala definida, oscila entre 0 y 82 puntos, distribuyéndose los niveles de logro de la siguiente manera: un nivel alto de dificultades y errores, con un puntaje entre 0 y 41 puntos; un nivel medio, con un puntaje entre 42 y 62 puntos; y un nivel bajo de dificultades y errores, con un puntaje superior a 62 puntos.

Respecto al instrumento I3, que mide la habilidad visoespacial, su versión final consta de 9 ítems con una fiabilidad de 0.982. La puntuación para este instrumento varía entre 0 y 18 puntos, estableciéndose los niveles de logro de la siguiente forma:

bajo nivel de habilidad visoespacial, si el puntaje es inferior a 10 puntos; nivel medio, si el puntaje se sitúa entre 11 y 15 puntos; y alto nivel de habilidad visoespacial, si el puntaje supera los 16 puntos.

Un tiempo adecuado para aplicar los instrumentos I2 y I3 es de 90 y 60 minutos, respectivamente, por lo que debe aplicarse en momentos diferentes.

Conclusiones

En este artículo se describe el diseño, construcción y validación de tres instrumentos destinados a evaluar errores matemáticos, ansiedad matemática y habilidades visoespaciales en estudiantes en formación inicial docente. Estas variables, al incidir negativamente en el rendimiento académico, requieren de un diagnóstico oportuno para sustentar intervenciones que mejoren la calidad del aprendizaje, al incorporar la dimensión de género, en línea con [Rossi et al. \(2022\)](#).

El proceso metodológico incluyó revisión teórica, diseño de ítems, validación mediante juicio de personas expertas y aplicación piloto, con el fin de evaluar su validez y fiabilidad. Como resultado, se obtuvieron tres instrumentos con altos niveles de consistencia interna: ansiedad matemática (20 ítems, $\alpha = 0.825$), errores matemáticos (41 ítems, $\alpha = 0.973$) y habilidades visoespaciales (9 ítems, $\alpha = 0.982$), lo cual sugiere que los ítems presentan homogeneidad y podrían estar midiendo un mismo constructo ([Cronbach, 1951](#)).

Estos coeficientes respaldan la confiabilidad de los instrumentos para diagnosticar las variables en contextos similares. En particular, el diagnóstico de errores permite caracterizarlos según las tipologías de [Socas \(2007\)](#) y [Moreno et al. \(2021\)](#),



facilitando su abordaje pedagógico. La estructura del instrumento de ansiedad matemática refleja su carácter multidimensional, al considerar distintos contextos en donde puede manifestarse: durante el aprendizaje, la resolución de problemas, la evaluación y como un rasgo general. Esta concepción es coherente con lo que plantean [Wang \(2020\)](#) y, [Nortes y Nortes \(2014\)](#), quienes destacan que la ansiedad matemática puede variar según las situaciones y afectar el rendimiento académico. Por otro lado, la alta fiabilidad del instrumento de habilidades visoespaciales permite medir de forma consistente un componente esencial del pensamiento matemático, en concordancia con [Del Grande \(1990\)](#), [Gutiérrez \(1992\)](#) y con los hallazgos recientes de [Ashkenazi y Velner \(2023\)](#), quienes evidencian su relación tanto con el rendimiento como con la ansiedad, especialmente en función del género.

La ausencia de diferencias significativas entre géneros en las respuestas entrega evidencia preliminar la imparcialidad de los instrumentos, en consonancia con los *Standards for Educational and Psychological Testing* ([AERA, APA y NCME, 2014](#)). No obstante, esto no garantiza la ausencia de sesgo en otros contextos y exige validaciones posteriores.

En síntesis, este estudio aporta herramientas diagnósticas contextualizadas para detectar patrones de errores, niveles de ansiedad y habilidades visoespaciales, apoyando el diseño de estrategias pedagógicas equitativas. También abre nuevas líneas de investigación sobre la relación entre estas variables y aspectos como el rendimiento, la trayectoria y el desarrollo profesional en matemáticas. Se recomienda ampliar la validación en otras cohortes y niveles educativos, fortaleciendo así la generalización y aplicabilidad de los resultados.

Financiamiento

La investigación fue respaldada por la Universidad Católica del Maule, Proyecto Interno N.º 23213.

Consentimiento informado

Esta investigación consideró todos los aspectos éticos, aprobada por el Comité de Ética Científico de la Universidad Católica del Maule (<https://portal.ucm.cl/cec>; acta N.º 111/2023).

Inteligencia Artificial

En el presente documento, se ha utilizado la inteligencia artificial (ChatGPT) para mejorar la redacción de los párrafos 1, 2, 4 y 5 del Marco Teórico. Las intervenciones de la IA se realizaron en las siguientes fechas: *15 de junio del 2024 y 20 de julio del 2024*. Se empleó la instrucción “mejorar la redacción del presente párrafo” con el único propósito de mejorar el estilo y la fluidez textual, partiendo siempre de las ideas explícitas de las personas autoras en las redacciones originales. Cabe destacar que la IA no generó datos nuevos ni contribuyó al contenido o análisis científico.

Conflicto de intereses

Las personas autoras declaran no tener algún conflicto de interés.

Declaración de la contribución de las personas autoras

Todas las personas autoras afirmamos que se leyó y aprobó la versión final de este artículo. Los roles de cada una según CRediT fueron: M. A.: conceptualización,



metodología, análisis, redacción-revisión y edición. C. M.: metodología y análisis formal; *Software*, redacción-revisión y edición. L. C., E. E. y F. G.: tabulación de datos y análisis estadístico. El porcentaje total de contribución de este artículo fue el siguiente: M. A. 40 %; C. M. 40 %; L. C., E. E. y F. G. 20 %.

Declaración de disponibilidad de los datos

Los datos que respaldan los resultados de este estudio serán puestos a disposición por la persona autora correspondiente [M. A.], previa solicitud razonable.

Preprint

Una versión Preprint de este artículo fue depositada en: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13766374>

Referencias

- Agencia de Calidad de la Educación de Chile. (2022). *Informe Nacional PISA 2022: Resultados de Chile en Matemáticas, Lectura y Ciencias*. Agencia de Calidad de la Educación. <https://www.agenciaeducacion.cl/estudios-internacionales/pisa/>
- Aguado, M. T. y Sleeter, C. (2021). Educación intercultural en la práctica escolar. Cómo hacerla posible. *Profesorado: Revista de currículum y formación del profesorado*, 25(3), 1-5. <https://revistaseug.ugr.es/index.php/profesorado/article/view/22734>
- Aguerrea, M., Rodríguez-Alveal, F. y Huincahue, J. (2025). Explorando competencias de modelación matemática y errores en la formación docente. *PNA*, 19(2), 187-221. <https://doi.org/10.30827/pna.v19i2.30336>
- Aguerrea, M., Solís, M. y Huincahue, J. (2022). Errores matemáticos persistentes al ingresar en la formación inicial de profesores de matemática: El caso de la linealidad. *Uniciencia*, 36(1), e14903. <https://doi.org/10.15359/ru.36-1.4>
- Aiken, L. R. (1980). Content validity and reliability of single items or questionnaires. *Educational and Psychological Measurement*, 40, 955-959. <https://doi.org/10.1177/001316448004000419>
- American Educational Research Association, American Psychological Association, & National Council on Measurement in Education. (2014). *Standards for educational and psychological testing*. American Educational Research Association. https://www.testingstandards.net/uploads/7/6/6/4/76643089/standards_2014edition.pdf
- Ashkenazi, S. y Velner, H. (2023). The interplay between math performances, spatial abilities, and affective factors: The role of task. *Trends in Neuroscience and Education*, 33, 100211. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2023.100211>
- Ashlock, R. B. (2006). *Error patterns in computation: Using error patterns to improve instruction* (9.^a edición). Merrill Prentice Hall. <https://www.pearsonhighered.com/assets/samplechapter/0/1/3/5/0135009103.pdf>
- Bandalos, D. L. y Finney, S. J. (2018). Factor analysis: Exploratory and confirmatory. En G. R. Hancock y R. O. Mueller (Eds.), *The reviewer's guide to quantitative methods in the social sciences* (pp. 98-122). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315755649-8>
- Bolaños-Barquiero, H. y Segovia, I. (2021). Sentido estructural de los estudiantes de primer curso universitario. *Uniciencia*, 35(1), 152-168. <https://doi.org/10.15359/ru.35-1.10>
- Brousseau, G. (1989). Les obstacles épistémologiques et la didactique des mathématiques. En N. Bednarz y C. Garnier (Eds.), *Construction des savoirs: Obstacles et conflits* (pp. 41-63). CIRADE Les éditions Agence d'Arc inc. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00516581v2>
- Brown, J. L. y Sifuentes, L. M. (2016). Validation study of the abbreviated math anxiety scale: Spanish adaptation, *Journal of Curriculum and Teaching*, 5(2), 76-82. <https://doi.org/10.5430/jct.v5n2p76>
- Brucker, B., Pardi, G., Uehlin, F., Moosmann, L., Lachmair, M., Halfmann, M. y Gerjets, P. (2024). How learners' visuospatial ability and different ways of changing the perspective influence learning about movements in desktop and immersive virtual reality environments. *Educational Psychology Review*, 36(65), 1-46. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09895-w>



- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297-334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>
- Del Grande, J. J. (1990). Spatial sense. *Arithmetic Teacher*, 37(6), 14-20. <https://doi.org/10.5951/AT.37.6.0014>
- Eidlin-Levy, H., Avraham, E., Fares, L. y Rubinsten, O. (2023). Math anxiety affects career choices during development. *International Journal of STEM Education*, 10(49). <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00441-8>
- Fennema, E. y Sherman, J. A. (1976). Fennema-Sherman Mathematics Attitudes Scales: Instruments designed to measure attitudes toward the learning of mathematics by females and males. *Journal for Research in Mathematics Education*, 7(5), 324-326. <https://doi.org/10.2307/748467>
- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5th ed.). Sage Publications.
- Gutiérrez, Á. (1992). Procesos y habilidades en visualización espacial. En Á. Gutiérrez (Ed.), *Memorias del Tercer Simposio Internacional sobre Investigación en Educación Matemática: Geometría, del 3er Congreso Internacional sobre Investigación Matemática* (pp. 44-59). Cinvestav. <https://www.researchgate.net/publication/278785961>
- Hernández-Nieto, R. A. (2002). *Contributions to Statistical Analysis*. Universidad de Los Andes.
- Hopko, D. R., Mahadevan, R., Bare, R. L. y Hunt, M. K. (2003). The abbreviated math anxiety scale (AMAS): Construction, validity, and reliability. *Assessment*, 10(2), 178-182. <https://doi.org/10.1177/1073191103010002008>
- Huincahue, J., Borromeo-Ferri, R. y Mena-Lorca, J. (2018). El conocimiento de la modelación matemática desde la reflexión en la formación inicial de profesores de matemática. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(1), 99-115. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2277>
- Juárez-Ruiz, E., Sánchez-González L. y Juárez-López, J. (2022). Identificación del desarrollo de habilidades visuales espaciales en representaciones y conversión entre registros para calcular volúmenes. *Educación Matemática*, 34(1), 157-185. <https://doi.org/10.24844/EM3401.06>
- López-Martín, M., Batanero, C. y Gea, M. (2019). ¿Conocen los futuros profesores los errores de sus estudiantes en la inferencia estadística? *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 33(64), 672-693. <https://www.redalyc.org/journal/2912/291265268013/html/>
- Lynn, M. R. (1986). Determination and quantification of content validity. *Nursing Research*, 35(6), 382-385. <https://doi.org/10.1097/00006199-198611000-00017>
- Macho, M., Padrón, E., Calaza, L., Casanellas, M., Conde, M., Lorenzo, E. y Vázquez, M. (2020). Igualdad de género en el ámbito de las matemáticas. En Comité editorial del Libro Blanco de las Matemáticas (Ed.), *Libro blanco de las matemáticas* (pp. 375-420). Editorial Centro de Estudios Ramón Areces. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7673682>
- Maloney, E. y Beilock, S. (2012). Math anxiety: who has it, why it develops, and how to guard against it. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(8), 404-406. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.06.008>
- Mineduc (2021). *Efectos de la suspensión de clases presenciales en contexto de pandemia por COVID-19*. Ministerio de Educación República de Chile. <https://www.mineduc.cl/>
- Mineduc. (2016). *Bases curriculares 7º básico a 2º medio. Unidad de Currículum y Evaluación*. Ministerio de Educación, República de Chile. <https://www.mineduc.cl/>
- Mineduc. (2019). *Bases curriculares 3º y 4º medio. Unidad de Currículum y Evaluación*. Ministerio de Educación, República de Chile. <https://www.mineduc.cl/>
- Mineduc. (2023a). *Priorización Curricular*. Ministerio de Educación, República de Chile <https://www.curriculumnacional.cl/portal/Priorizacion-Curricular-2023-2025/>
- Mineduc. (2023b). *Plan Institucional de Transversalización de Género para el Mineduc*. Ministerio de Educación, República de Chile <https://www.mineduc.cl/>
- Miragliotta, E., Baccaglini-Frank, A. y Tomasi, L. (2017). Apprendimento della geometria e abilità visuo-spaziali: un possibile quadro teorico e un'esperienza didattica. *L'Insegnamento Della Matematica e Delle Scienze Integrate*, 40B(3), 339-360. <https://arpi.unipi.it/handle/11568/863925>
- Montes-de-Oca-O'Reilly, A. (2019). Dificultades para la transversalización de la perspectiva de género en una institución de educación superior. *Revista Latinoamericana de Educación Inclusiva*, 13(1), 105-125. <http://doi.org/10.4067/S0718-73782019000100105>



- Moral-Sánchez, S. N., Sánchez-Compañía, M. T. y Romero Albaladejo, I. (2023). Uso de realidad virtual en Geometría para el desarrollo de habilidades espaciales. *Enseñanza de las Ciencias*, 41(1), 125-147. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5442>
- Moreno, A., Marín, M. y Ramírez-Uclés, R. (2021). Errores de profesores de matemáticas en formación inicial al resolver una tarea de modelización. *PNA*, 15(2), 109-136. <https://doi.org/10.30827/pna.v15i2.20746>
- Nortes, R. y Nortes, A. (2014). ¿Tienen ansiedad hacia las matemáticas los futuros matemáticos? *Profesorado*, 18(2), 153-170. <https://www.ugr.es/~recfpro/rev182COL1.pdf>
- Ortiz-Padilla, M., Paredes-Bermúdez, M., Soto-Varela, R. y Aldana-Rivera, E. (2020). Ansiedad matemática y desempeño académico en estudiantes en la formación básica de ingeniería. *Formación Universitaria*, 13(4), 93-100. <http://doi.org/10.4067/S0718-50062020000400093>
- Pérez-Tyteca, P. (2012). *La ansiedad matemática como centro de un modelo causal predictivo de la elección de carreras* [Tesis doctoral, Universidad de Granada]. <https://hdl.handle.net/10481/23293>
- Radatz, H. (1979). Error analysis in mathematics education. *Journal for Research in Mathematics Education*, 10(3), 163-172. <https://doi.org/10.2307/748804>
- Ramírez-Uclés, R. y Flores-Martínez, P. (2017). Habilidades de visualización de estudiantes con talento matemático: comparativa entre los test psicométricos y las habilidades de visualización manifestadas en tareas geométricas. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(2), 179-196. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/324229>
- Recber, S., Isiksak, M. y Koç, Y. (2018). Investigating self-efficacy, anxiety, attitudes and mathematics achievement regarding gender and school type. *Anales de Psicología*, 34(1), 41-51. <http://doi.org/10.6018/analesps.34.1.229571>
- Rossi, S., Xenidou-Dervou, I., Simsek, E., Artemenko, C., Daroczy, G., Nuerk, H.-C. y Cipora, K. (2022). Mathematics–gender stereotype endorsement influences mathematics anxiety, self-concept, and performance differently in men and women. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1513(1), 121-139. <https://doi.org/10.1111/nyas.14779>
- Rr Chusnul C., Mardiyana, S. y Dewi Retno, S. (2017). Errors analysis of problem solving using the Newman stage after applying cooperative learning of TTW type. *Actas de la Conferencia AIP*, 1913(1), 020028. <https://doi.org/10.1063/1.5016662>
- SAGA UNESCO Chile (2021). *Diagnóstico sobre indicadores y políticas con perspectiva de género desarrolladas por el Estado de Chile en áreas STEM*. Ministerio de la Mujer y la Equidad de género. <https://minmujeryeg.gob.cl/wp-content/uploads/2021/08/Diagnostico-indicadores-politicas-genero-desarrolladas-Estado-STEM.pdf>
- Sánchez Mendías, J., Segovia Alex, I. y Miñán Espigares, A. (2022). Ansiedad matemática, rendimiento y formación de acceso en futuros maestros. *PNA*, 16(2), 115-140. <https://doi.org/10.30827/pna.v16i2.21703>
- Shih, C. S. y Marchant, C. (2021). Nivel de razonamiento estadístico de los estudiantes chilenos de Pedagogía en Matemática sobre pruebas de hipótesis estadísticas. *Acta Scientiae*, 23(6), 209-236. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.5772>
- Socas, M. (2007). Dificultades y errores en el aprendizaje de las matemáticas: Análisis desde el enfoque lógico semiótico. En M. Camacho Machín, P. Flores Martínez y M. P. Bolea Catalán (Eds.), *Investigación en educación matemática: Comunicaciones de los grupos de investigación del XI Simposio de la SEIEM* (pp. 19-52). SEIEM. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2696955>
- Soneira, C. (2023). Comparación de resoluciones algebraicas con y sin tablas de problemas de edades. *Enseñanza de las Ciencias*, 41(1), 43-61. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5546>
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., Lushene, R., Vagg, P. R. y Jacobs, G. A. (1983). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Steinmayr, R., Weidinger, A., Heyder, A. y Bergold, S. (2020). Why do girls rate their mathematical competencies lower than boys? Considering grades, competency tests, teacher- and parent-ratings as potentially explaining factors. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 51(2), 71-83. <https://doi.org/10.1026/0049-8637/a000213>



- Sukoriyanto, S. (2020). Análisis de los errores de los estudiantes al resolver el problema verbal de geometría basado en la etapa de Newman. *AIP Conference Proceedings*, 2215(1), 060028. <https://doi.org/10.1063/5.0000490>
- Tuncer, M. y Yilmaz, O. (2020). Relations Attitude Towards Mathematics Lessons: Anxiety and Academic Success. *REDIMAT-Journal of Research in Mathematics Education*, 9(2), 173-195. <https://doi.org/10.17583/redimat.2020.4061>
- Vázquez-Cupei, S. (2015). Ciencia, estereotipos y género: una revisión de los marcos explicativos. *Convergencia Revista de Ciencias Sociales*, (68), 177-202. <https://doi.org/10.29101/crcs.v0i68.2957>
- Villamizar-Acevedo, G., Araujo-Arenas, T. Y. y Trujillo-Calderón, W. J. (2020). Relación entre ansiedad matemática y rendimiento académico en matemáticas en estudiantes de secundaria. *Ciencias Psicológicas*, 14(1), 1-13. <https://doi.org/10.22235/cp.v14i1.2174>
- Vos, H., Marinova, M., De León, S. C., Sasanguie, D. y Reynvoet, B. (2023). Gender differences in young adults' mathematical performance: Examining the contribution of working memory, math anxiety and gender-related stereotypes. *Learning and Individual Differences*, 102, 102260-102260. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2022.102255>
- Wang, L. (2020). Mediation Relationships Among Gender, Spatial Ability, Math Anxiety, and Math Achievement. *Educational Psychology Review*, 32, 1-15 <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09487-z>



Diseño y validación metodológica de instrumentos para la medición integrada de variables cognitivas y afectivas en la formación inicial del profesorado de matemática
 (Maitere Aguerrea • Carolina Marchant • Lucía Cornejo • Emilia Espinoza • Francisca Gajardo) **Uniciencia** is protected by [Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported \(CC BY-NC-ND 3.0\)](#)