
ARTÍCULO

Identificación del Conocimiento Matemático Inicial de los Estudiantes al Ingresar al Grado de Maestro

Identifying Students' Initial Mathematical Knowledge at the Entrance to the Pre-service Primary Teacher Education

Francisco Rojas*

 ORCID iD 0000-0002-0328-8156

Francisca Ubilla**

 ORCID iD 0000-0002-1784-1186

Lluís Albarracín***

 ORCID iD 0000-0002-1387-5573

Núria Gorgorió****

 ORCID iD 0000-0003-3503-9143

Resumen

En este estudio se busca identificar el nivel de Conocimiento Matemático Inicial (CMI) de futuros maestros de educación primaria al ingreso de su formación inicial docente. Tanto en la construcción de los instrumentos como en el análisis de los resultados, consideramos la especificación del Conocimiento Matemático Fundamental (CMF), como aquel conocimiento matemático necesario para que estos estudiantes puedan seguir con éxito las asignaturas de matemáticas y su didáctica durante el grado. A partir de un enfoque cuantitativo, se aplicaron dos cuestionarios de conocimiento matemático a 278 estudiantes que ingresaban a dos programas de formación de maestros, uno en Chile y otro en España. Se analizaron las respuestas de los estudiantes a ambos instrumentos de forma conjunta, tanto desde la perspectiva del rendimiento en cada bloque de contenido que componen el CMF, como desde la perspectiva del nivel de habilidad que las preguntas requerían para ser resueltas. Los resultados muestran que cerca de un tercio de los estudiantes tienen un rendimiento medio bajo, siendo el bloque de estadística

* Doctor en Didáctica de las Matemáticas por la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). Profesor Agregado en el Dpt. de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Barcelona, Cataluña, España. E-mail: franciscojavier.rojas@uab.cat.

** Doctora en Educación, ámbito Didáctica de las Matemáticas, por la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). Profesora Asistente de la Facultad de Educación de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. E-mail: francisca.ubilla@uc.cl

*** Doctor en Didáctica de las Matemáticas por la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). Profesor Agregado Serra-Húnter en el Dpt. de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Barcelona, Cataluña, España. E-mail: lluis.albarracin@uab.cat.

**** Doctora en Filosofía y Letras (Ciencias de la Educación) por la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB). Catedrática de Didáctica de la Matemática, Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), Barcelona, Cataluña, España. E-mail: nuria.gorgorio@uab.cat.

el más descendido. Además, se observa que ítems que requieren razonamiento matemático resultan con mayor grado de logro general que aquellos que solo requieren aplicar conceptos. Se concluye que el nivel de CMI es diverso en cobertura y profundidad, por lo que programas y formadores no pueden asumir anticipadamente un estándar de conocimiento a priori, lo que plantea la necesidad de profundizar en estos conocimientos y en cómo puede ser usado este tipo de información en la formación inicial.

Palabras clave: Conocimiento matemático fundamental. Evaluación diagnóstica. Formación inicial de maestros. Educación matemática.

Abstract

This study seeks to identify the Initial Mathematical Knowledge (IMK) level of future primary teachers at the beginning of their initial teacher training. When constructing the instruments and analyzing the results, we consider the specification of the Fundamental Mathematical Knowledge (CMF) as the mathematical knowledge necessary for these students to successfully follow the mathematics subjects and their didactics during the degree. Based on a quantitative approach, two mathematical knowledge questionnaires were applied to 278 students entering two teacher training programs, one in Chile and the other in Spain. The students' responses to both instruments were analyzed together, from the perspective of performance in each block of content that makes up the CMF and from the perspective of the level of skill the questions required to be solved. The results show that about a third of the students have a low average performance, with the statistics block being the most relegated. In addition, it is observed that items that require mathematical reasoning result in a higher degree of overall achievement than those that only need the application of concepts. We concluded that the level of CMI is diverse in coverage and depth so that programs and teacher educators cannot assume a priori standard of knowledge in advance, which raises the need to deepen this knowledge and how this type of information can be used in initial training.

Keywords: Fundamental mathematical knowledge. Diagnostic assessment. Pre-service primary teacher education. Mathematics education.

1 Introducción

Hoy existe consenso en que el conocimiento pedagógico del contenido (Shulman, 1987) es clave en la generación de oportunidades de aprendizaje que permitan una comprensión profunda de las matemáticas elementales (Ma, 1999). Si bien este tipo de conocimiento se construye en la formación del profesorado, también viene influenciado por qué y cómo fue aprendido en la escuela. Esto presenta un desafío a la formación inicial docente, ya que se ve forzada no solo a profundizar sino también a reconstruir el saber matemático necesario para la enseñanza, así como los modelos con que fue aprendido (Chapman, 2008).

Para poder organizar dicha reconstrucción, autores como Ball, Thames y Phelps (2008, *Mathematical Knowledge for Teaching*) y posteriormente de Carrillo *et al.* (2018, *Mathematics Teacher Specialized Knowledge*) han desarrollado modelos que permiten descomponer este conocimiento matemático, tomando acciones a lo largo del proceso formativo, y teniéndolos como referencia al término de este. Sin embargo, la comprensión y caracterización de los conocimientos matemáticos con los que los estudiantes acceden al grado de maestro han recibido menor atención en la investigación (Linsell; Anakin, 2012, 2013). Dado que diferentes estudios indican que los futuros maestros que entran en los programas de formación del

profesorado de educación primaria carecen de los conocimientos y habilidades matemáticas propia de dicho nivel educativo (Ball, 1990; Gorgorió; Albarracín, 2020; Martínez *et al.*, 2019; Piñeiro *et al.*, 2022; Senk *et al.*, 2012; Stephenson, 2018), se hace altamente necesario ampliar la investigación en el sentido de caracterizar el conocimiento matemático inicial de estos estudiantes.

En diversos contextos y sistemas educativos existe cada vez más interés por evaluar el conocimiento matemático de los estudiantes para maestro al inicio de su formación, ya sea para seleccionar a los candidatos o para diagnosticar su conocimiento una vez ingresan a los programas formativos. Este estudio considera dos de estos contextos: el catalán, como subsistema del español, y el chileno. En Cataluña, desde el año académico 2017-2018, el acceso a los programas de formación de maestros requiere la superación de una Prueba de Aptitud Personal, de carácter selectiva, que evalúa la competencia comunicativa y la competencia matemática. Por su parte, en Chile el Sistema de Desarrollo Profesional Docente (Ley 20.903, 1 abril 2016), establece, entre otras medidas, la aplicación obligatoria de una evaluación de carácter diagnóstico al inicio de la formación, aunque su contenido depende de lo que defina cada institución formadora.

Si bien en ambos contextos hay disposiciones legales en torno a la medición de conocimientos al inicio de la formación docente, aun no hay suficiente claridad sobre qué y cómo evaluar. En España, la mayoría de los estudios que han evaluado el conocimiento matemático de los estudiantes al inicio de la formación de maestros han utilizado instrumentos dirigidos a los escolares, como son las pruebas de competencias básicas (Arce; Marbán; Palop, 2017; Gómezescobar; Fernández-Cézar, 2022; Nortes; Nortes, 2018, 2022), identificando carencias y dificultades entre los estudiantes para maestro. En Cataluña, se han desarrollado instrumentos diseñados expresamente para evaluar a estudiantes que ingresan al grado de maestro (Gorgorió; Albarracín, 2020), los cuales han permitido identificar si los futuros maestros dominan aspectos esenciales de las matemáticas elementales, obteniendo resultados que apuntan a la necesidad de consolidar herramientas que permitan garantizar que los estudiantes poseen un conocimiento matemático básico suficientemente sólido. En el caso de Chile, y si bien los estudios aún son escasos, se han desarrollado instrumentos para medir tanto el conocimiento matemático escolar como las creencias sobre este, su enseñanza y aprendizaje (Martínez *et al.*, 2019), reportando bajos desempeños en álgebra y estadística y probabilidad, acompañado de una visión aritméticaizada de la matemática. A su vez, Rojas *et al.* (2021) mostró que quienes ingresan a la formación de maestros reflejan mayoritariamente un dominio de la matemática escolar medio o bajo.

Al integrar ambas experiencias de investigación, este estudio busca identificar el nivel de conocimiento matemático con que ingresan los estudiantes al grado de maestro de educación primaria. Para ello se toma como referencia el Conocimiento Matemático Fundamental (CMF), entendido como el conocimiento matemático necesario para que los estudiantes que ingresan a los estudios de maestro puedan seguir satisfactoriamente las asignaturas de matemáticas y su didáctica que cursarán en el grado (Castro *et al.*, 2014; Gorgorió; Albarracín, 2020; Gorgorió *et al.*, 2021). Así, identificar el nivel de CMF implica determinar el nivel de preparación de los estudiantes para iniciar su formación matemática como base para el desarrollo de competencias didácticas, es decir, reportar cuanto saben de aquello que se esperaría que supieran de matemáticas relativas a educación primaria, al iniciar su formación como maestros. A su vez, interesa identificar qué tipo de tareas son capaces de realizar en términos de la habilidad requerida para resolverlas con éxito, ya que esto informaría a las instituciones formadoras sobre las habilidades y conocimientos matemáticos de los estudiantes. Este estudio no tiene una pretensión comparativa entre los dos contextos, sino que se espera que los resultados permitan generar una discusión que contribuya a llenar un vacío teórico con relación al conocimiento matemático inicial de los estudiantes para maestro, así como orientar a los formadores sobre las decisiones formativas que toman en el desarrollo de las asignaturas (contenidos, metodologías, evaluaciones etc.).

2 Conocimiento matemático fundamental

En las tres últimas décadas se han desarrollado diversos modelos teóricos relativos a las distintas formas de abordar el conocimiento necesario para enseñar matemáticas, atendiendo a las necesidades específicas de la enseñanza. A partir de Shulman (1987), se concibe que el conocimiento de la materia va más allá del conocimiento de los hechos o los conceptos, y requiere entender las estructuras de la disciplina a enseñar. El profesor debería entonces comprender críticamente el conjunto de ideas que va a enseñar, ya que sin ella no podrá transformar dichas ideas para que puedan ser entendidas por sus estudiantes. Esta comprensión crítica requiere a su vez un conocimiento profundo de las matemáticas fundamentales (Ma, 1999), tanto en el sentido de primario y elemental, como en el sentido de conocimiento profundo y extenso de los conceptos y sus interconexiones. Frente a estas cuestiones, Ball, Thames y Phelps (2008) proponen un modelo del conocimiento matemático para la enseñanza que descompone el conocimiento de la materia y el conocimiento pedagógico del contenido, siendo este último una influencia decisiva tanto en la calidad de la instrucción como en la

mejora de la calidad del aprendizaje de los estudiantes (Baumert *et al.*, 2010).

Estos marcos o modelos se establecen como meta de la formación docente, y no consideran necesariamente el bagaje matemático de los estudiantes previo a su formación como maestros. En este sentido, y para identificar el conocimiento del contenido matemático que los docentes evidencian en la práctica, el modelo *Knowledge Quartet* (Rowland; Huckstep; Thwaites, 2005) considera de alguna manera este bagaje. Su componente *fundación* involucra aspectos como el uso de la terminología matemática, el conocimiento explícito de la matemática, o la base teórica de esta, definiendo un conocimiento matemático inicial exigible a los estudiantes que acceden al grado de maestro como fruto de su proceso escolar. Aun así, la atención que se ha prestado en la investigación a establecer una posible concreción del conocimiento matemático con que los estudiantes llegan a los programas de formación de maestros es mucho menor en comparación a la construcción de modelos de conocimiento (Linsell; Anakin, 2012).

Para poder realizar tal concreción, es necesario definir el conocimiento del contenido matemático que deberían mostrar los estudiantes a su ingreso a la formación para seguir de manera adecuada la construcción del conocimiento matemático para la enseñanza. Esto se define como el *Conocimiento Matemático Fundamental* (CMF) (Castro *et al.*, 2014; Gorgorió; Albarracín, 2020; Gorgorió *et al.*, 2021), para cuya concreción se siguió un proceso de análisis de diversos currículos internacionales de educación primaria, a través de un enfoque similar al realizado por Linsell y Anakin (2012). Gorgorió *et al.* (2017) identificó las áreas comunes analizando el alcance y el énfasis que se daba a cada área, determinando qué conceptos y procedimientos correspondientes a educación primaria iban a ser imperativos en la concreción del CMF y cuáles eran importantes pero no esenciales. De este modo, los bloques de contenido y el conocimiento matemático que es necesario que los estudiantes para maestro demuestren, se concretan de la siguiente forma:

- *Numeración y cálculo.* Es necesario demostrar la comprensión y la capacidad de representar y utilizar los números naturales, enteros y racionales en situaciones diversas; la comprensión, el significado y las propiedades de las operaciones y de las relaciones entre unas y otras; el conocimiento del significado de divisor y el dominio de las habilidades necesarias para resolver situaciones de factorización y divisibilidad de números naturales.
- *Relaciones y cambio.* Es necesario demostrar la capacidad de identificar y generalizar patrones no necesariamente numéricos; de identificar e interpretar relaciones de dependencia entre variables; de interpretar y construir gráficos que expresen relaciones de cambio; es necesario también demostrar la comprensión integrada de los significados de

proporcionalidad numérica y razón y la capacidad de usar estos conceptos para resolver situaciones diversas.

- *Espacio y forma.* Es necesario demostrar el conocimiento de las características y las propiedades de figuras geométricas de dos y tres dimensiones y la capacidad de aplicarlas en situaciones diversas; la comprensión y la capacidad de representar y utilizar reflexiones, giros y traslaciones; la comprensión integrada de los significados de proporcionalidad geométrica, semejanza y escala, y la capacidad de utilizar estrategias de visualización para resolver problemas, sean o no geométricos.
- *Medida.* Es necesario demostrar el conocimiento del significado de magnitud medible (ángulo, longitud, área, volumen, capacidad, masa y tiempo) y de los procesos de medida; el conocimiento de las unidades de medida decimales y sexagesimales correspondientes y de los mecanismos para resolver situaciones de cambio de unidades, y el dominio de los conocimientos y las habilidades necesarias para resolver situaciones diversas relacionadas con las ideas de perímetro, área y volumen.
- *Estadística y azar.* Es necesario demostrar la capacidad de interpretar, analizar, obtener conclusiones y hacer predicciones a partir de datos estadísticos; de interpretar y construir gráficas estadísticas; de interpretar y calcular medidas de centralización, y comprender el significado de azar.

Si bien se espera que los estudiantes demuestren estas capacidades al ingresar al grado de maestro, las posibles evaluaciones solo serán capaces de desvelar el conocimiento con que inician sus procesos de formación inicial docente. A este nivel de desempeño medible en las pruebas lo denominamos Conocimiento Matemático Inicial (CMI) (Albarracín *et al.*, 2021), y es el tipo de conocimiento en el que nos centramos en este estudio. Aun así, la concreción del CMF nos permitirá reportar los resultados de forma consistente con la conceptualización teórica que presentamos.

3 Objetivos del estudio

El propósito general del presente estudio es identificar el nivel de Conocimiento Matemático Inicial (CMI) que despliegan los estudiantes que recién ingresan al grado de maestro, en términos de: a) la descomposición por bloques de Conocimiento Matemático Fundamental (CMF) para evaluar el nivel de preparación que tendrían los estudiantes de acuerdo con su dominio conceptual, y b) los tipos de tareas que deben abordar según la habilidad cognitiva que estas requieren al ser resueltas y así indagar su relación con el logro en los

distintos bloques de contenido del CMF. Los resultados obtenidos de esta manera informarían a los formadores sobre el perfil de ingreso de sus estudiantes.

4 Metodología

El diseño metodológico del presente trabajo se enmarca en un paradigma de investigación cuantitativa, específicamente en un estudio de tipo descriptivo. Con este tipo de estudios se pretende especificar las características de grupos de personas o procesos, recogiendo información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o variables del estudio (Hernández; Fernández; Baptista, 2014). En particular, se desarrolla un diseño descriptivo transversal, ya que se recoge información en un solo momento (Echevarría, 2016), midiendo la variable descriptora que corresponde en este caso al conocimiento matemático inicial de los estudiantes que ingresan al grado de maestro.

4.1 Participantes y Datos

En este estudio participaron estudiantes de primer año de dos programas formativos, uno de la Universidad Autónoma de Barcelona (España), UAB, y otro de la Pontificia Universidad Católica de Chile (Chile), PUC. La investigación se realizó por medio de la aplicación de dos cuestionarios de conocimiento matemático a los estudiantes de la cohorte 2018-2019 del Grado de Educación Primaria de la UAB, y a los estudiantes de la cohorte 2019 de la carrera de Pedagogía en Educación Básica de la PUC. Los estudiantes de ambas universidades firmaron un consentimiento informado, en el cual autorizaron el uso de sus respuestas con propósitos de investigación, el cual fue validado por el Comité de Ética de la PUC.

Participaron 305 estudiantes en total, pero para efectos de este estudio consideramos solo los datos de estudiantes que hayan respondido ambos cuestionarios completos, para poder analizar los datos conjuntamente. De este modo, se usan en el estudio los datos de 278 participantes, 125 en UAB y 153 en PUC. Los cuestionarios fueron corregidos asignando 1 o 0 puntos a cada pregunta según si era correcta o incorrecta la respuesta, respectivamente (en caso de omisión de algún ítem se asignó la puntuación 0). El conjunto de las puntuaciones asignadas constituye los datos de nuestro estudio.

4.2 Instrumentos

En la investigación de la cual este estudio es parte se aplicaron dos cuestionarios escritos, planteados para medir el conocimiento matemático, relativo a educación primaria, de los estudiantes que inician su formación como maestros tomando como referencia el Conocimiento Matemático Fundamental. El primero de ellos, el *Fundamental Mathematical Knowledge Test* (FMK-Test) está basado en los trabajos de Gorgorió y Albarracín (2020) desarrollados en Cataluña y corresponde a un conjunto de 25 ítems, de A1 a A25, 23 de los cuales son de respuesta abierta breve. El segundo cuestionario, el *School Mathematical Knowledge Test* (SMK-Test), está basado en el trabajo de Martínez *et al.* (2019) desarrollado en Chile, y está compuesto por un conjunto de 25 ítems, de C1 a C25, todos cerrados de opción única.

El *FMK-Test* era parte del sistema de evaluación de la asignatura Matemáticas para Maestros del primer año del programa de formación de maestros de la UAB. Este cuestionario ha sido pilotado en diversas ocasiones con estudiantes de la UAB, lo que ha permitido contrastar su fiabilidad (Gorgorió *et al.*, 2021) y confirmar su validez a partir del estudio de la correlación de los resultados de los estudiantes en el cuestionario con las calificaciones obtenidas en la asignatura Matemáticas para Maestros (Gorgorió; Albarracín, 2020). Por su parte, el *SMK-Test* está basado en un cuestionario elaborado por Martínez *et al.* (2019), el cual fue validado psicométricamente a partir de un estudio con más de 500 estudiantes, y que a día de hoy siguen en uso en diversas instituciones formadoras en Chile. Ambos instrumentos obedecen a los contextos curriculares de origen y de aplicación, es decir, los contenidos matemáticos medidos por sus preguntas son pertinentes con las normas curriculares de Chile y Cataluña (MINEDUC, 2012; Departament d'Ensenyament, 2015), y están vinculados al peso y la organización que se les da en la práctica real en el aula.

Este estudio analizó de manera conjunta los resultados de los estudiantes y no diferenció por cuestionario, por lo que se unificó la nomenclatura de los bloques utilizando la descomposición propuesta por el CMF. Así, quedó la siguiente cantidad de ítems por bloque: Numeración y cálculo: 20 ítems, Relaciones y Cambio: 8 ítems, Espacio y Forma: 9 ítems, Medida: 5 ítems, y Estadística y Azar: 8 ítems. Cada uno de estos bloques contempla entonces preguntas abiertas y cerradas, según provengan de un cuestionario u otro. En el Cuadro 1, se muestran dos ejemplos, uno de cada tipo de pregunta. Los ítems abiertos permitían a los estudiantes enfrentarse de formas variadas al problema. En particular, el ítem A13 propone una situación que puede abordarse desde el punto de vista algebraico pero que también permite una aproximación en forma esquemática de pre-álgebra, tal como se aborda en los últimos cursos

de educación primaria. Por su parte, los ítems cerrados recogían en sus alternativas errores plausibles, además de la respuesta correcta. Así, el ítem C12 solicita el cálculo de porcentajes sucesivos, para lo cual los estudiantes no siempre reconocen el referente en cada paso.

Ejemplo de ítem abierto	Ejemplo de ítem cerrado
A13. Tenemos dos cajas con la misma cantidad de caramelos. En una caja encontramos 2 bolsas con caramelos y 3 caramelos fuera de las bolsas. En la otra caja tenemos una bolsa y 8 caramelos. Todas las bolsas tienen la misma cantidad de caramelos. ¿Cuántos caramelos hay en cada bolsa?	C12. ¿Cuánto es el 20% del 20% de 25? a) 10 b) 1 c) 100 d) 5

Cuadro 1 – Ejemplos de ítems abiertos y cerrados

Fuente: elaboración propia (2019)

4.3 Proceso analítico

Para identificar el Conocimiento Matemático Inicial de los estudiantes, se realizó un análisis en dos fases de acuerdo con los objetivos planteados. En primer lugar, se analizaron los resultados por bloque de contenido del CMF a través de un análisis estadístico descriptivo. Para ello se definen las variables *puntaje promedio en [bloque]* como el promedio simple de los puntajes obtenidos por cada estudiante en el conjunto de preguntas pertenecientes a cada bloque. A continuación, y según estos resultados, se analizó el grado de preparación que los estudiantes tendrían para proseguir sus estudios en matemáticas y su didáctica dado su rendimiento en el cuestionario. Para ello, se siguió una estrategia similar a la mostrada en Rojas et al. (2021), definiendo dos puntos de corte: en 0,4 y 0,7 puntos promedio, estableciendo tres intervalos para encasillar el rendimiento del estudiante en cada bloque: [0;0,4] – (0,4;0,7] – (0,7;1]. De acuerdo con la cantidad de bloques de contenidos abordados con mayor o menor éxito, se construyeron los niveles de preparación, asignando uno de ellos a cada estudiante según su rendimiento por cada uno de los cinco bloques de contenido CMF. En la Figura 1 se pueden apreciar los casos genéricos que constituyen cada nivel de preparación, sin hacer distinción entre bloques, y a partir de ello, en Cuadro 2 se da una definición de cada nivel.

Nivel de Preparación	Definición
Muy Preparado	Se considerará a un estudiante como <i>muy preparado</i> cuando tenga al menos 4 bloques cuyo rendimiento promedio sea mayor a 0,7 puntos, sin importar el rendimiento en el bloque restante.
Preparado	Se considerará a un estudiante como <i>preparado</i> cuando tenga al menos 3 bloques cuyo rendimiento promedio sea mayor a 0,7 puntos, o bien tenga dos bloques con rendimiento promedio mayor a 0,7 puntos y ninguno bajo 0,4 puntos.
Poco Preparado	Se considerará a un estudiante como <i>poco preparado</i> cuando tenga a lo más 2 bloques cuyo rendimiento promedio sea mayor a 0,7 puntos y a lo más 2 bloques cuyo rendimiento promedio sea menor a 0,4 puntos.
No Preparado	Se considerará a un estudiante como <i>no preparado</i> cuando tenga al menos 3 bloques cuyo rendimiento promedio sea menor o igual a 0,4, sin importar el rendimiento en los bloques restantes.

Cuadro 2 – Definición de niveles de preparación
 Fuente: elaboración propia (2022)

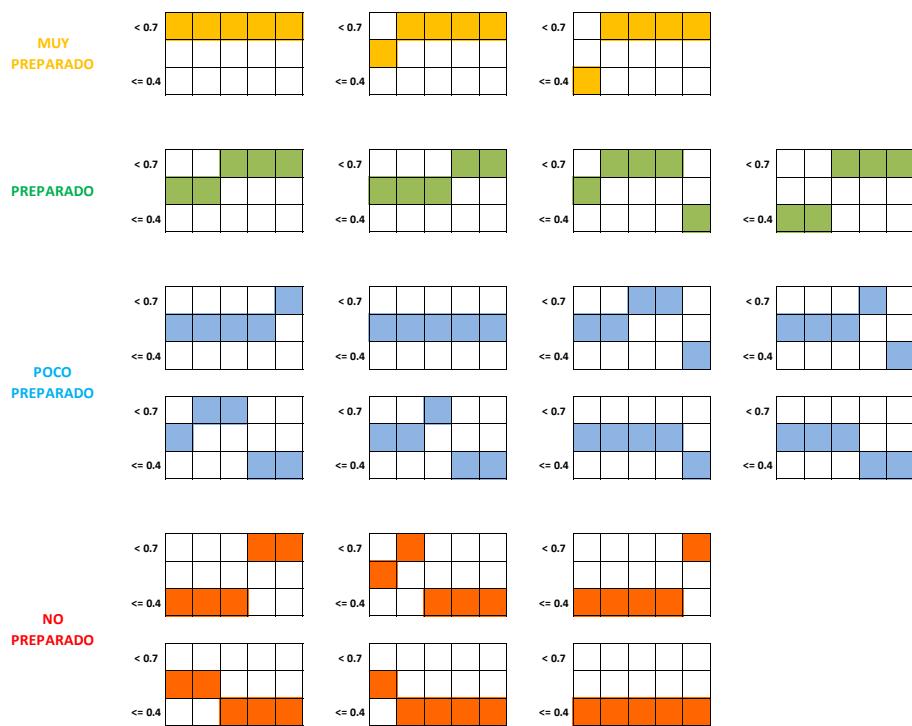


Figura 1 – Casos según rendimiento por bloques
 Fuente: elaboración propia (2022)

En segundo lugar, analizar el tipo de tareas que los estudiantes responden según la habilidad cognitiva que estas requieren para ser resueltas, complementa la descripción del rendimiento solo por contenido y da una mirada más amplia sobre lo que los estudiantes son capaces de hacer. Para definir estas habilidades se consideraron los *dominios cognitivos* propuestos para la evaluación TIMSS 2023, ya que al trabajar con cuestionarios de conocimiento matemático relativos a educación primaria, estos dominios “parecieran ser más consistentes con instrumentos que buscan determinar cuánto sabe una persona según un currículo prescrito” (Martínez *et al.*, 2019, p.4). Dicho marco evaluativo define tres dominios: Conocer, Aplicar y Razonar. El primer dominio aborda los hechos, conceptos y procedimientos que los estudiantes necesitan saber, el segundo se centra en la capacidad de los alumnos para aplicar dicho conocimiento en la resolución de problemas, y el tercero abarca realizar deducciones lógicas y generar argumentos en la resolución de situaciones desconocidas, contextos complejos y problemas no rutinarios (Philpot *et al.*, 2021). Dado que los ítems de los cuestionarios no estaban originariamente construidos a partir de estos dominios, para este análisis los tres primeros autores codificaron por separado cada ítem según este marco, y posteriormente realizaron una sesión conjunta de acuerdo, quedando en el dominio Conocer 19 ítems, en Aplicar 13 ítems, y en Razonar 18 ítems.

5 Resultados

A continuación, se presenta el análisis del rendimiento de los estudiantes según bloque de contenido del CMF y su consecuente nivel de preparación, para posteriormente mostrar los resultados según dominios cognitivos TIMSS y su relación con los bloques mencionados.

5.1 Resultados según bloque de contenido del CMF

En la Tabla 1, se muestran los estadísticos descriptivos de los bloques de contenido. Las medias muestran un rendimiento alto en la mayoría de los bloques, excepto en el bloque de estadística y azar. Por otra parte, se observa que en cada bloque hubo al menos un estudiante que obtuvo el máximo de puntaje, es decir, tuvo correctos todos los ítems de dicho bloque. Por el contrario, solo en Relaciones y cambio y en Medida, hubo al menos un estudiante que o bien tuvo todos los ítems del bloque incorrectos o tuvo omisiones en algunos de ellos. Respecto de la distribución de los puntajes promedio, la asimetría negativa y la curtosis positiva en Numeración y cálculo, Relaciones y cambio y Medida implica que en estos tres bloques el rendimiento fue en general mayor al promedio, pero concentrados en torno a este, siendo entonces los bloques de mejor rendimiento. En el caso de Espacio y forma, si bien su asimetría indica que el rendimiento en general estuvo por sobre la media, los puntajes promedio están mucho más dispersos que en los casos anteriores, lo que es consistente con tener una media menor. Finalmente, en el caso de Estadística y azar, una asimetría positiva y una curtosis negativa indican que los puntajes están en su mayoría bajo la media con alta dispersión, por lo que es claramente el bloque que mayor dificultad supuso a los estudiantes.

Tabla 1 – Descriptivos de rendimiento por bloque CMF

Bloque CMF	Media	DE	Mín	Máx	Asimetría	Curtosis
Numeración y Cálculo	0,746	0,152	1,00	1,00	-0,6045	0,2675
Relaciones y Cambio	0,773	0,220	1,00	1,00	-0,8043	0,0499
Espacio y Forma	0,671	0,199	1,00	1,00	-0,3582	-0,4697
Medida	0,728	0,221	1,00	1,00	-0,6751	0,1451
Estadística y Azar	0,591	0,188	1,00	1,00	0,0270	-0,4865

Nota: Estadísticos obtenidos usando el *software* Jamovi 2.3.18.0

Fuente: elaboración propia (2023)

Para observar de forma gráfica la distribución de los puntajes promedio de los

estudiantes, se presenta en la Figura 2 los *box-plot* por cada bloque CMF (el recuadro negro indica la media). Si bien los bloques de Numeración y cálculo, Relaciones y cambio y Medida tienen una media similar (Tabla 3), en los gráficos se observan diferencias en su distribución. De estos bloques, llama la atención el caso de Relaciones y cambio, donde los peores puntajes son los que están más dispersos (Q_1 Relaciones y cambio = 0,60), dando cuenta que podría haber múltiples razones para el bajo rendimiento en este bloque. A su vez, Medida presenta un gráfico en que no hay datos entre la mediana y el cuartil tres, lo que implica que a la mitad de los estudiantes les va muy bien en este bloque, y la otra mitad se distribuye entre resultados medios y bajos. En los casos de Espacio y forma y de Estadística y azar, se observa que al menos el 75% de los estudiantes tienen puntajes promedios sobre 0,5, pese a que este último bloque fue el de menor rendimiento promedio.

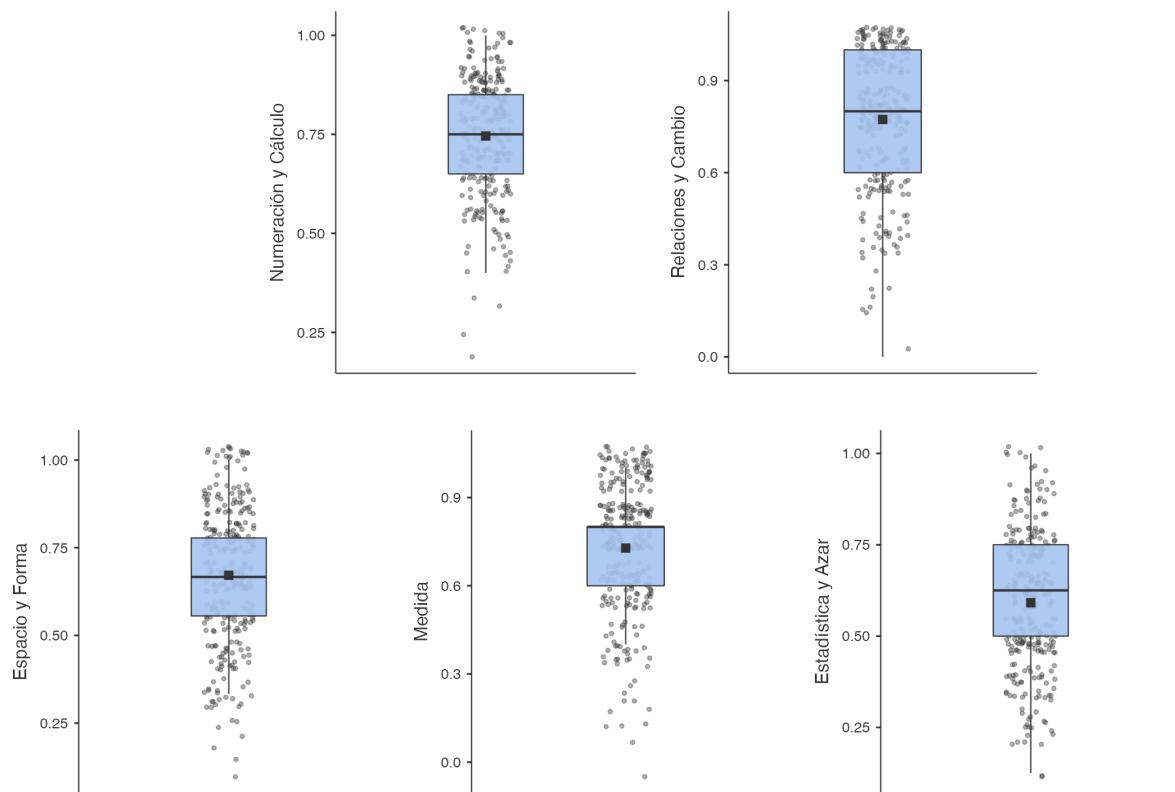


Figura 2 – Distribuciones de los puntajes promedio por bloque
 Fuente: elaboración propia (2023)

A partir del análisis de los puntajes de corte y los intervalos definidos, se estudiaron los niveles de preparación según los resultados por bloques de contenido, observando algunas diferencias que son necesarias hacer notar. En la Figura 3 se puede apreciar cuántos estudiantes tienen un puntaje promedio (denotado por pp) en cada uno de los intervalos definidos anteriormente. En el bloque de Numeración y cálculo se observa que existe la menor cantidad de estudiantes con bajo rendimiento, aunque hay una alta cantidad de estudiantes con

rendimiento medio (cerca del 40%). En el caso de Relaciones y cambio, es claramente el bloque de mejor rendimiento teniendo cerca de dos tercios de los estudiantes en el intervalo superior. En el bloque de Espacio y forma se distribuye homogéneamente la cantidad de estudiantes entre el intervalo superior y medio de rendimiento, mientras que, en Medida, nuevamente la mayoría de los estudiantes está en el intervalo superior. En consonancia con los resultados descriptivos, en Estadística y azar hay más estudiantes en el nivel medio que en el superior, cerca del 46%, con cerca del 20% en el intervalo de menor rendimiento. Esto hace que este bloque sea el que requerirá mayor atención al inicio de la formación docente.

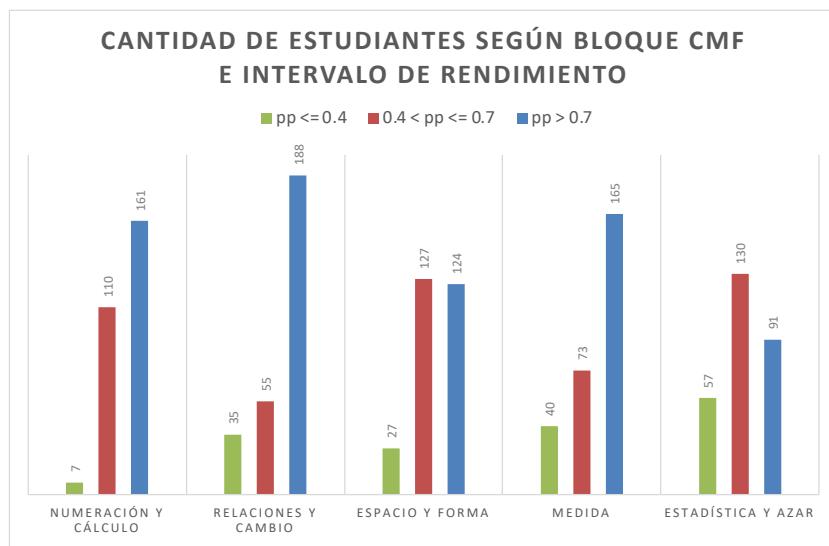


Figura 3 – Número de estudiantes según intervalo de rendimiento
 Fuente: elaboración propia (2023)

Tomando estos resultados y organizándolos según los casos explicitados anteriormente, se obtuvo la proporción de estudiantes en cada uno de los niveles de preparación (Tabla 2). Prácticamente dos tercios de los estudiantes se reparten equitativamente en los niveles *muy preparado* y *preparado*, dando cuenta que logran un rendimiento destacable en la mayoría de los bloques de contenido definidos según el CMF. Sin embargo, hay una parte importante de estudiantes que requerirían de apoyos específicos en los cursos que los inicien en el conocimiento matemático para su enseñanza. Aun así, aquellos que no estarían preparados para ello alcanzan poco menos del 5% del total de estudiantes, lo que requeriría de medidas remediales y apoyos específicos para la superación en la falta de conocimiento matemático.

Tabla 2 – Proporción de estudiantes según nivel de preparación

Preparación	Frecuencia	% del total	% Acumulado
No Preparado	13	4,7 %	4,7 %
Poco Preparado	81	29,1 %	33,8 %
Preparado	93	33,5 %	67,3 %
Muy Preparado	91	32,7 %	100 %

Fuente: elaboración propia (2023)

5.2 Resultados según dominio cognitivo

En la Tabla 3 se presentan los estadísticos descriptivos de los dominios cognitivos. Las medias muestran que el de mayor logro fueron los ítems agrupados en la habilidad de Conocer, seguidos por Razonar y después Aplicar. También se observa que en los tres dominios existe al menos un estudiante que logra el máximo de puntaje, a la vez que en ninguno de ellos se observa un rendimiento nulo. En cuanto a la distribución de los puntajes promedio por dominio, tanto en Conocer como en Razonar se da que las asimetrías son positivas y las curtosis negativas, implicando que en ambos casos el rendimiento general está por sobre y en torno la media. Esto indica que los estudiantes pueden responder con éxito tanto tareas que requieren solo identificar información o calcular resultados, así como analizar e integrar información en la resolución de un problema. Por su parte, los ítems clasificados como Aplicar tiene un rendimiento promedio por sobre la media, pero con mucha mayor dispersión. Esto podría implicar que pese a que los estudiantes pueden resolver tareas que requieren formular una estrategia, no es claro que todos lo logren con éxito.

Tabla 3 – Descriptivos de rendimiento por dominio

Dominio	Media	DE	Mín	Máx	Asimetría	Curtosis
Conocer	0,771	0,146	0,263	1,00	-0,847	0,481
Aplicar	0,614	0,185	0,154	1,00	-0,171	-0,512
Razonar	0,695	0,148	0,167	1,00	-0,321	0,138

Nota: Estadísticos obtenidos usando el *software* Jamovi 2.3.18.0

Fuente: elaboración propia (2023)

Al representar la distribución de los datos gráficamente, en la Figura 4 se puede ver cómo en los dominios Conocer y Razonar más del 75% de los estudiantes tiene un rendimiento superior al 0,6 puntos promedio, a diferencia que los ítems de tipo Aplicar en que baja el rendimiento, y la mayoría de estudiantes tiene un puntaje promedio solo superior a 0,5. Esto llama la atención, ya que se esperaría una tendencia decreciente en el rendimiento de los estudiantes a medida que la demanda cognitiva de los ítems aumenta.

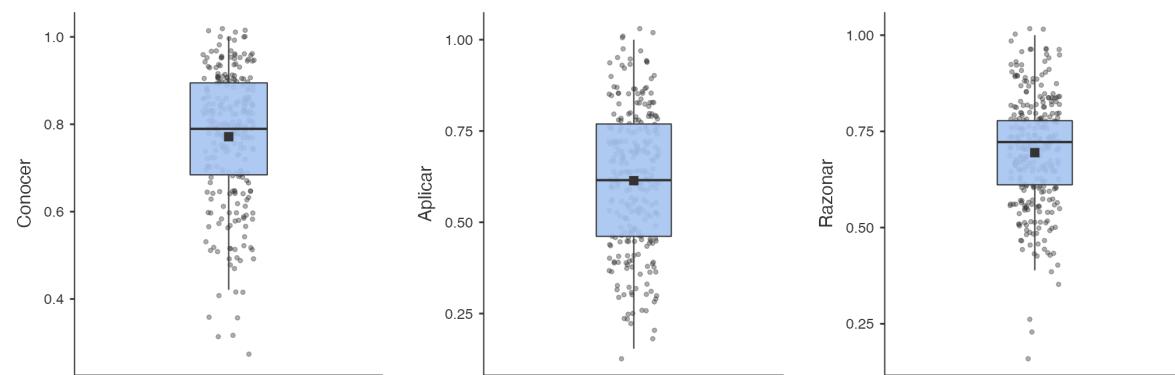


Figura 4 – Distribuciones de los puntajes promedio por dominio
 Fuente: elaboración propia (2023)

A partir de estos resultados, es necesario estudiar el rendimiento de los estudiantes por cada uno de los grupos de ítems que se obtienen al cruzar los bloques CMF y los dominios cognitivos. En este sentido, la Tabla 4 muestra la distribución de los ítems por bloque de contenido y dominio cognitivo.

Tabla 4 – Cantidad de ítems según bloques de contenido y dominio cognitivo

Bloque	Dominio			Total
	Conocer	Aplicar	Razonar	
Numeración y cálculo	11	5	4	20
Relaciones y cambio	2	1	5	8
Espacio y forma	4	2	3	9
Medida	2	2	1	5
Estadística y Azar	0	3	5	8
Total	19	13	18	50

Fuente: elaboración propia (2023)

Para estudiar el logro promedio por subgrupo (Figura 5), se definió la variable *porcentaje de logro del ítem* como la proporción de estudiantes que lo han respondido de forma correcta. Así, el porcentaje de logro del subgrupo se calcula como el promedio simple de los porcentajes de logro de los ítems que lo componen.

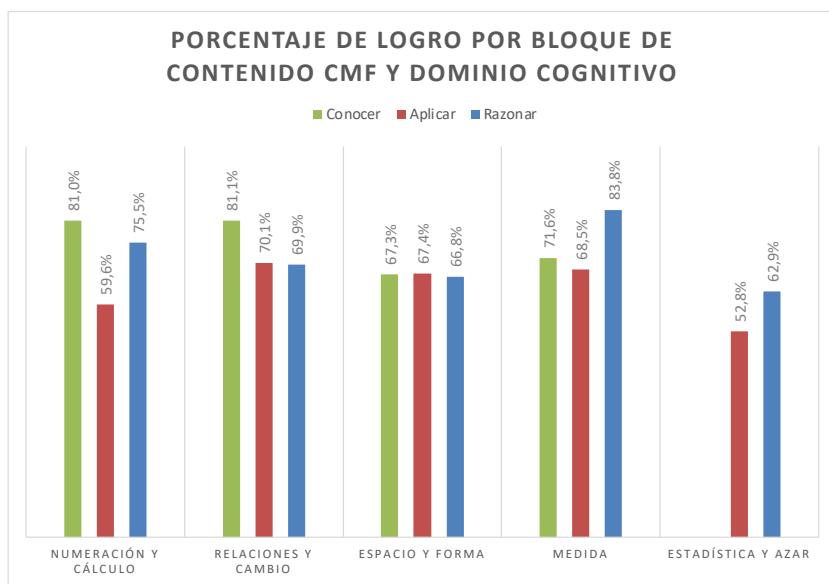


Figura 5 – Porcentaje de logro promedio por Bloques de contenido CMF y Dominio cognitivo
 Fuente: elaboración propia (2023)

Como se puede observar, para Numeración y cálculo los ítems categorizados como Razonar tienen mayor logro promedio que aquellos asignados a Aplicar, lo que contradice lo que se esperaría de ítems más complejos. Incluso, en el bloque de Medida los ítems de Razonar tienen mayor logro que los de Conocer y Aplicar. Lo mismo ocurre en Estadística y Azar, considerando que no hubo ítems de Conocer en este bloque. También llama la atención que en Espacio y forma el desempeño es homogéneo para los tres tipos de tareas. Si bien en Relaciones y cambio los ítems de razonar y aplicar presentan un porcentaje de logro similar, se debe tener en cuenta que este último subgrupo solo tiene un ítem. Así, estos resultados indicarían que no es claro que los estudiantes sigan una trayectoria lineal en cuanto a la habilidad que le demandan los ítems de un mismo bloque, por lo que se ha de tener en cuenta a la hora de iniciar su formación matemática para maestro.

Finalmente, resulta interesante explorar la relación entre el rendimiento según los dominios cognitivos y los niveles de preparación. En la Tabla 5 se puede observar que, para todos los niveles de preparación, el dominio Aplicar presenta medias menores en el rendimiento de los estudiantes frente a los dominios Conocer y Razonar. En particular, resulta llamativo que en el dominio aplicar los estudiantes poco preparados tienen una media de rendimiento similar a los estudiantes no preparados en el dominio Conocer. Además, se observa que los estudiantes con logros mayores en la mayoría de los bloques de contenido (muy preparados) tienen más dificultad en aplicar conceptos que en realizar argumentaciones.

Tabla 5 – Medias de rendimiento por dominio según nivel de preparación

Nivel de Preparación	Dominio		
	Conocer	Aplicar	Razonar
No Preparado	0,462	0,331	0,402
Poco Preparado	0,668	0,470	0,587
Preparado	0,797	0,621	0,702
Muy Preparado	0,881	0,775	0,825

Nota: Estadísticos obtenidos usando el *software* Jamovi 2.3.18.0.

Fuente: elaboración propia (2023)

6 Conclusiones

En este trabajo se estudia el Conocimiento Matemático Inicial de los estudiantes que ingresan al Grado de Maestro, tomando como referencia el Conocimiento Matemático Fundamental (CMF) (Castro *et al.*, 2014; Gorgorió; Albaracín, 2020; Gorgorió *et al.*, 2021) para identificar el nivel de preparación que tendrían los estudiantes de acuerdo con su dominio conceptual en los distintos bloques CMF, e indagar en la relación con el logro en los tipos de tareas que deben abordar según la habilidad cognitiva que estas requieren al ser resueltas.

En primera instancia, los instrumentos utilizados como herramienta diagnóstica del CMI permitieron observar diferencias en el rendimiento de los estudiantes por bloques de contenido. En la formación previa de los estudiantes es natural que los diferentes bloques de contenido hayan recibido una atención dispar, así como que los alumnos que ingresan en el grado hayan consolidado los diversos conocimientos matemáticos en diferente medida (Arce; Marbán; Palop, 2017; Nortes; Nortes, 2018). En este estudio se revela un menor conocimiento en los bloques de Espacio y forma y Estadística y azar, no solo al presentar medias más bajas que el resto de los bloques, sino también en la dispersión de los estudiantes en diferentes niveles de logro. En el caso del bloque de estadística y azar, se ha de considerar que los instrumentos no presentaban ítems en el dominio Conocer, que se suponen los más simples. Esto concuerda con estudios similares como el de Martínez *et al.* (2019), donde muestran que dentro de los temas de mayor dificultad para los estudiantes está el tópico de Estadística, con lo cual se hace necesario el estudio temprano de este tema al inicio de la formación docente.

En segundo lugar, la prueba de CMI permite identificar niveles de preparación de los estudiantes para enfrentarse a las necesidades de las asignaturas de matemáticas y su didáctica en relación con la definición del CMF. En el caso de los estudiantes participantes en este estudio, el nivel de preparación observado es menor que el deseable. Los estudiantes

categorizados como *No preparado* van a requerir de mayor apoyo para poder mejorar sus conocimientos matemáticos a nivel global. A su vez, estudiantes dentro de la categoría *Poco preparado* muestran carencias en contenidos específicos, tales como Espacio y forma y Estadística y azar, que demandarán formación complementaria a la que se ofrece de base en el grado de maestro, ya sean cursos propedéuticos u otro tipo de acompañamiento, para asegurar que pueden seguir los cursos programados con éxito.

En tercer lugar, los resultados arrojados por la prueba de CMI permiten distinguir el logro de los estudiantes según la habilidad que requieren para resolver las tareas con éxito. Dada la definición teórica de los dominios cognitivos, sería esperable que el logro en los ítems que requieren de una habilidad de tipo Conocer fuera superior a los de Aplicar y estos a los de Razonar, tal como se muestra en Martínez *et al.* (2019). Sin embargo, los resultados del presente estudio muestran un comportamiento distinto al esperable. Se observa que los estudiantes obtienen mejores resultados en los ítems de la categoría Razonar que en aquellos de la categoría Aplicar. Por tanto, la variabilidad mostrada en este trabajo hace pensar que no es necesariamente esperable un nivel de habilidad estrictamente decreciente (Conocer-Aplicar-Razonar) a medida que aumenta la complejidad de la tarea según los dominios cognitivos involucrados. Este hecho puede tener implicaciones en aspectos relacionados con el diseño de pruebas CMI o la interpretación de los resultados de estas.

Este estudio ha permitido avanzar en descripciones del nivel de conocimiento matemático inicial de los estudiantes para maestro de educación primaria, y poner atención en los contenidos de logro descendido como aquellos relacionados a estadística. Sin embargo, aún queda por conocer qué ideas matemáticas específicas son las que muestran mayor logro por parte de los estudiantes dentro de cada bloque CMF. Con ello se podrá avanzar con mayor detalle en el estudio sobre cómo se aproxima el CMI real al CMF deseado, identificado saberes específicos que requerirán un tratamiento concreto en la formación inicial de maestros.

Finalmente, disponer de la diagnosis que ofrecen este tipo de instrumentos basados en el CMF es un elemento clave para la toma de decisiones por parte de los formadores. El uso de instrumentos similares permitirá orientar la concreción de los contenidos de sus asignaturas, teniendo en cuenta que no todos los estudiantes tendrán altos niveles de rendimiento o habilidad. Aun así, es necesario seguir trabajando en el desarrollo de herramientas diagnósticas que permitan conocer en profundidad los conocimientos matemáticos que han consolidado los estudiantes de su etapa escolar con tal de cubrir las necesidades formativas de estos en su formación como futuros maestros.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó bajo los proyectos “Validación internacional de instrumentos de caracterización de conocimiento matemático escolar de futuros profesores de educación básica en matemáticas” INTERDISICPLINA II18001 (Vicerrectoría de Investigación - Pontificia Universidad Católica de Chile), y “Estudio de los requisitos de acceso a los grados de maestro de Educación Primaria desde la perspectiva del conocimiento matemático” EDU2017-82427-R (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, España). Francisco Rojas agradece el soporte del Programa de Ayudas para la Recalificación del Sistema Universitario Español, Modalidad María Zambrano (RD289/2021), financiado Ministerio de Universidades (España) y por la Unión Europea-Next GenerationEU. Francisca Ubilla agradece el soporte del Centro de Modelamiento Matemático (CMM) BASAL FB210005, Centro de Excelencia de ANID-Chile. Lluís Albarracín es Profesor Agregado Serra Húnter en la Universitat Autònoma de Barcelona.

Contribuciones de autoría

Todos los autores contribuyeron sustancialmente a la concepción y planificación del estudio; en la obtención, análisis e interpretación de datos; en redacción y revisión crítica; y aprobó la versión final para ser publicada.

Disponibilidad de datos

Los datos generados o analizados durante este estudio se incluyen en este artículo publicado.

Referencias

ALBARRACÍN, L.; ROJAS, F.; CHANDIA, E.; UBILLA, F. M.; GORGORIÓ, N. Unidimensionalidad del conocimiento matemático inicial de estudiantes para maestro. In: DIAGO, P. D.; YÁÑEZ, D. F.; GONZÁLEZ-ASTUDILLO, M. T.; CARRILLO, D. (ed.). **Investigación en Educación Matemática XXIV**. Valencia: SEIEM, 2021. p. 117 – 124.

ARCE, M.; MARBÁN, J.M.; PALOP, B. Aproximación al conocimiento común del contenido matemático en estudiantes para maestro de primaria de nuevo ingreso desde la prueba de evaluación final de Educación Primaria. In: MUÑOZ-ESCOLANO, J.M.; ARNAL-BAILERA, A.; BELTRÁN-PELLICER, P.; CALLEJO, M.L.; CARRILLO, J. (ed.), **Investigación en Educación Matemática XXI**. Zaragoza: SEIEM, 2017. p. 119 – 128.

BALL, D. L. The mathematical understandings that prospective teachers bring to teacher education. **The Elementary School Journal**, Chicago, v. 90, n. 4, p. 449-466, 1990.

BALL, D. L.; THAMES, M. H.; PHELPS, G. Content knowledge for teaching: What makes it special? **Journal of Teacher Education**, Michigan, v. 59, n. 5, p. 389-407, 2008.

BAUMERT, J.; KUNTER, M.; BLUM, W.; BRUNNER, M.; VOSS, T.; JORDAN, A.; KLUSMANN, U.; KRAUSS, S.; NEUBRAND, M.; TSAI, Y. Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. **American Educational Research Journal**, Tallahassee, v. 47, p. 133-180, 2010.

CARRILLO, J.; CLIMENT, N.; MONTES, M.; CONTRERAS, L. C.; FLORES-MEDRANO, E.; ESCUDERO-ÁVILA, D.; VASCO, D.; ROJAS, N.; FLORES, P.; AGUILAR-GONZÁLEZ, A.; RIBEIRO, M.; MUÑOZ-CATALÁN, M. C. The Mathematics Teacher's Specialised Knowledge (MTSK) model. **Research in Mathematics Education**, London, v. 20, n. 3, p. 236-253, 2018.

CASTRO, Á.; MENGUAL, E.; PRAT, M.; ALBARRACÍN, L.; GORGORIÓ, N. Conocimiento matemático fundamental para el grado de Educación Primaria: inicio de una línea de investigación. In: GONZÁLEZ, M. T.; CODES, M.; ARNAU, D.; ORTEGA, T. (ed.). **Investigación en Educación Matemática XVIII**. Salamanca: SEIEM, 2014. p. 227 - 236.

CHAPMAN, O. Mathematics teacher educator's learning from research on their instructional practices. In: JAWORSKI, B.; WOOD, T. (eds.). **The Mathematics Teacher Educator as a Developing Professional**. Handbook of Mathematics Teacher Education. Rotterdam: Sense Publishers, 2008. p. 115-134 (Vol. 4).

CHILE. Ley 20.903, del 1 de abril de 2016. Crea el Sistema de Desarrollo Profesional Docente. Santiago de Chile: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2016. Disponible en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1087343>. Acceso en: 24 mar. 2025.

DEPARTAMENT D'ENSENYAMENT. **Curriculum d'educació primària**. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2015.

ECHEVARRÍA, H. D. **Diseños de investigación cuantitativa en psicología y educación**. Rio Cuarto: UniRio Editora, 2016.

GÓMEZESCOBAR, A.; FERNÁNDEZ-CÉZAR, R. Conocimientos matemáticos elementales: futuros docentes y alumnado de Educación Primaria. **Revista Fuentes**, Sevilla, v. 24, n. 3, p. 312-322, 2022.

GORGORIÓ, N.; ALBARRACÍN, L. El conocimiento matemático previo a la formación inicial de los maestros: necesidad y concreción de una prueba para su evaluación. En BADILLO, E.; CLIMENT, N.; FERNÁNDEZ, C.; GONZÁLEZ-ASTUDILLO, M. (ed.). **RED8-Educación Matemática y Formación de Profesores**. Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca. p. 111-132. 2020.

GORGORIÓ, N.; ALBARRACÍN, L.; ÄRLEBÄCK, J.; LAINE, A.; NEWTON, R.; VILLARREAL, A. **Fundamental Mathematical Knowledge: progressing its specification**. Linköping University Electronic Press. 2017.

GORGORIÓ, N.; ALBARRACÍN, L.; LAINE, A.; LLINARES, S. Primary education degree programs in Alicante, Barcelona and Helsinki: Could the differences in the mathematical knowledge of incoming students be explained by the access criteria? **LUMAT**, v.9, n.1, p. 174-207. 2021.

HERNÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C; BAPTISTA, M. P. **Metodología de la Investigación**. 6. ed. México: McGraw-Hill; Interamericana Editores, 2014.

LINSELL, C.; ANAKIN, M. Diagnostic Assessment of Pre-Service Teachers' Mathematical Content Knowledge. **Mathematics Teacher Education and Development**, Sidney, v. 14, n. 2, p. 4-27, 2012.

LINSELL, C.; ANAKIN, M. Foundation Content Knowledge: What do pre-service teachers need to know? In: STEINLE, V.; BALL, L.; BARDINI, C. (eds.). **Mathematics Education: Yesterday, today and tomorrow**. Melbourne, VIC; MERGA, 2013. p. 442-449.

MA, L. **Knowing and teaching elementary mathematics**: teachers' understanding of fundamental mathematics in China and the United States. Mahwah: Erlbaum, 1999.

MARTÍNEZ, M. V.; ROJAS, F.; ULLOA, R.; CHANDÍA, E.; ORTÍZ, A.; PERDOMO-DÍAZ, J. Beliefs and Mathematical School Knowledge at the Beginning of Pre-service Primary Teacher Education. **Pensamiento Educativo**, v. 56, n. 2, p. 1-19. 2019.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN - MINEDUC. **Bases Curriculares para la Educación Básica**. Santiago de Chile: MINEDUC, 2012.

NORTES, R. M.; NORTES, A. Estudio de ítems en pruebas de competencia matemática aplicadas a futuros maestros. **Profesorado**, Revista de Currículum y Formación del Profesorado, Granada, v. 26, n. 2, p. 249-273, 2022.

NORTES, R.; NORTES, A. ¿Tienen los futuros maestros los conocimientos matemáticos elementales? In: RODRÍGUEZ-MUÑIZ, L. J.; MUÑIZ-RODRÍGUEZ, L.; AGUILAR-GONZÁLEZ, A.; ALONSO, P.; GARCÍA GARCÍA, F. J.; BRUNO, A. (ed.). **Investigación en Educación Matemática XXII**. Gijón: SEIEM, 2018. p. 397-406.

PHILPOT, R.; LINDQUIST, M.; MULLIS, I. V. S.; ALDRICH, C. E. A. TIMSS 2023 Mathematics Framework. In: MULLIS, I. V. S.; MARTIN, M. O.; VON DAVIER, M. (eds.). **TIMSS 2023 Assessment Frameworks**. Chestnut Hill: International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA), 2021. p. 5-18.

PIÑEIRO, J. L.; CHAPMAN, O.; CASTRO-RODRÍGUEZ, E.; CASTRO, E. Prospective primary teachers' initial mathematical problem-solving knowledge. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, London, v. 55, n. 8, p. 1914–1937, 2022.

ROJAS, F.; SEISSUS, E.; JIMÉNEZ, D. Diagnóstico inicial docente en matemática en programas de pedagogía en educación básica. In: GÓMEZ, D. M.; CORNEJO, C.; MARTÍNEZ, M. V. (ed.). **Actas de las XXV Jornadas Nacionales de Educación Matemática**. Rancagua: UOH – SOCHIEM, 2021.

ROWLAND, T.; HUCKSTEP, P.; THWAITES, A. Elementary Teachers' Mathematics Subject Knowledge: The Knowledge Quartet and the Case of Naomi. **Journal of Mathematics Teacher Education**, Amsterdam, v. 8, n. 3, p. 255-281, 2005.

SENK, S. L.; TATTO, M. T.; RECKASE, M.; ROWLEY, G.; PECK, R.; BANKOV, K. Knowledge of future primary teachers for teaching mathematics: An international comparative study. **ZDM – Mathematics Education**, Berlin, v. 44, n. 3, p. 307-324, 2012.

SHULMAN, S. Knowledge and teaching: Foundations of the new reforms. **Harvard Educational Review**, Massachusetts, v. 57, n. 1, p. 1-22, 1987.

STEPHENSON, J. A. Systematic Review of the Research on the Knowledge and Skills of Australian Pre-service Teachers. **Australian Journal of Teacher Education**, Perth, v. 43, n. 4, p. 121-135, 2018.

Submetido em: 13 de Fevereiro de 2023.



ISSN 1980-4415

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1980-4415v39a230039>

Aprovado em: 17 de Março de 2025.

Editor-chefe responsável: Prof. Dr. Roger Miarka

Editor associado responsável: Prof. Dr. Jhony Alexander Villa-Ochoa