



Validación de escalas de autoeficacia docente desde la perspectiva del conocimiento especializado para la enseñanza de las matemáticas

Karen Ivón Avilés-Canché

Universidad de Valladolid

Mail: karenivon.aviles@estudiantes.uva.es

José María Marbán

Universidad de Valladolid

Mail: josemaria.marban@uva.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6561-6784>

RESUMEN

El profesorado, a través de su actividad mediadora entre el alumnado y el conocimiento matemático, se convierte en una pieza clave para la consecución de una educación matemática de calidad. Sus acciones vienen condicionadas por factores afectivos y cognitivos que conviene atender desde que inicia su formación. Así, este estudio dirige su mirada hacia la autoeficacia percibida por el profesorado de primaria en formación inicial desde la perspectiva del modelo de Conocimiento Especializado del Profesor de Matemáticas (conocido como MTSK por sus siglas en inglés). Para ello, se validan dos escalas de autoeficacia docente, una centrada en el Conocimiento Matemático y la otra en el Conocimiento Didáctico del Contenido. Se detalla el procedimiento metodológico para determinar la validez y fiabilidad de ambas escalas. Los resultados muestran un ajuste adecuado de acuerdo con la estructura teórica del modelo MTSK y una alta fiabilidad, por lo que se consideran útiles como punto de partida para la medición de la percepción de la autoeficacia docente en términos de conocimiento especializado para la enseñanza de las matemáticas a lo largo de la formación inicial del profesorado de primaria.

Palabras clave: Autoeficacia docente, conocimiento especializado, educación primaria, formación inicial del profesorado, matemáticas, MTSK.

Validation of teacher self-efficacy scales from the perspective of specialized knowledge for the teaching of mathematics

ABSTRACT

Teachers, through their activity as mediators between students and mathematical knowledge, are a key element in the achievement of a quality mathematical education. Their actions are conditioned by affective and cognitive factors, that should be considered from the beginning of their training. Thus, this study focuses on the perceived self-efficacy of primary school teachers in initial training from the perspective of the MTSK (Mathematics Teacher's Specialized Knowledge) model. For this purpose, two self-efficacy scales are validated, one focused on Mathematical Content Knowledge and another focused on Pedagogical Content Knowledge. The methodological procedure to determine the validity and reliability of both scales is reported. Both an adequate adjustment according to the theoretical structure of the MTSK model and a high reliability are observed, so they are considered useful as a starting point for measuring perceived self-efficacy in terms of specialized knowledge for the teaching of mathematics throughout initial training of primary teachers.

Key words: Teacher's self-efficacy, specialized knowledge, primary education, initial teacher training, mathematics, MTSK.



1. Introducción

La figura docente se reconoce como uno de los elementos nucleares para la consecución de una educación matemática de calidad (Mazana *et al.*, 2019), entre otras razones porque juega un papel relevante en la supresión de barreras para el aprendizaje. Ahora bien, su desempeño profesional puede verse fuertemente influido por la percepción de eficacia sobre su práctica, y viceversa, lo que ha llevado a conjeturar que existe alguna asociación entre autoeficacia docente y conocimiento especializado del profesorado (Alshehri y Youssef, 2022; Segarra *et al.*, 2021, Zamora-Araya *et al.*, 2020). En este sentido, son cada vez más numerosas las investigaciones que tratan de contribuir a abordar estas cuestiones mediante el diseño y la validación de escalas que miden autoeficacia docente en diferentes contextos no matemáticos (Baka, 2017; Zhang *et al.*, 2018), así como de escalas que atienden a la autoeficacia docente en relación con la enseñanza de las matemáticas (Verdugo *et al.*, 2017). Sin embargo, estas escalas no se construyen a partir de un modelo de conocimiento especializado del docente de forma que se integren todas las dimensiones de este conocimiento en la propia validación de constructo. Esta cuestión es relevante de cara a identificar perfiles de autoeficacia que ayuden en la definición de procesos de enseñanza-aprendizaje orientados al desarrollo profesional docente lo más inclusivos posibles así como a la evaluación de la eficacia de tales procesos (Avilés-Canché y Marbán, 2023). El presente estudio aborda este vacío mediante la validación de dos escalas (Escala MK -Mathematical Knowledge- y Escala PCK -Pedagogical Mathematical Knowledge-) que integran la medición de la autoeficacia docente con el conocimiento especializado para la enseñanza de matemáticas en el profesorado de primaria en formación inicial, quedando alineadas con el modelo MTSK a través de la consideración de sus dominios del Conocimiento Matemático y del Conocimiento Didáctico del Contenido (Carrillo *et al.*, 2018).

2. Marco teórico

Dos son los constructos sobre los que pivota la investigación recogida en el presente estudio, procediendo a continuación a presentar brevemente sus características principales de acuerdo con su relevancia para comprender las decisiones que se describen posteriormente en relación con el proceso de validación de las escalas.

2.1 Autoeficacia docente

El constructo de autoeficacia docente, central en esta investigación, encuentra su máximo impulsor en el trabajo seminal de Bandura (1977) y, aunque son variadas las aproximaciones que se han hecho desde entonces a su interpretación y operacionalización, extrapolando la definición de Bandura al ámbito de la educación matemática, la autoeficacia docente se entenderá en este artículo como el conjunto de juicios que el profesorado de matemáticas posee acerca de las posibilidades de influir en el aprendizaje de las matemáticas por parte de su alumnado junto con las creencias que estos tengan en relación con los aprendizajes que pueden alcanzar en su proceso de formación como docentes de matemáticas. De cara a operacionalizar esta definición, orientamos estos juicios y creencias hacia el conocimiento especializado para la enseñanza de las matemáticas, entendido este de acuerdo con el modelo MTSK que se describe en el siguiente epígrafe.

2.2 Conocimiento especializado del profesorado de matemáticas

En relación con el conocimiento del profesorado necesario para la enseñanza, se considera a Shulman (1986) como un referente al afirmar que un buen conocimiento de una asignatura es necesario, pero no suficiente, para su enseñanza. Posteriormente, Ball *et al.* (2008) presentaron el modelo MKT (Mathematical Knowledge for Teaching), que se apoya en las ideas de Shulman (1986) en relación con dos de sus componentes principales: Conocimiento del Contenido y Conocimiento Pedagógico del Contenido. Más tarde, la experiencia y práctica de la aplicación de dicho modelo llevó a otro grupo de investigación a proponer el modelo MTSK en el que la especialización del profesorado se ve afectada por todos los subdominios, proponiendo su uso para analizar el conocimiento que los docentes aplican en el ejercicio de su profesión (Montes *et al.*, 2022). Este modelo, formulado desde una perspectiva intrínseca de la idea de especialización, intenta explicar qué es lo que hace al profesorado ser realmente especialista en la enseñanza de las matemáticas y cómo se organiza su conocimiento a través de los dominios del Conocimiento Didáctico del Contenido (PCK–Pedagogical Content Knowledge) y del Conocimiento Matemático (MK–Mathematical Knowledge) (Carrillo *et al.*, 2018). Permeando ambos dominios, las concepciones o creencias sobre las matemáticas y sus procesos de enseñanza-aprendizaje se consideran un elemento central y relevante del modelo (ver Figura 1) y se interpretan como importante indicador entre los dos dominios. Esto sugiere una fuerte conexión entre un elemento nuclear del dominio afectivo matemático y los dos dominios centrales del modelo MTSK relacionados con el conocimiento de las matemáticas y su didáctica.

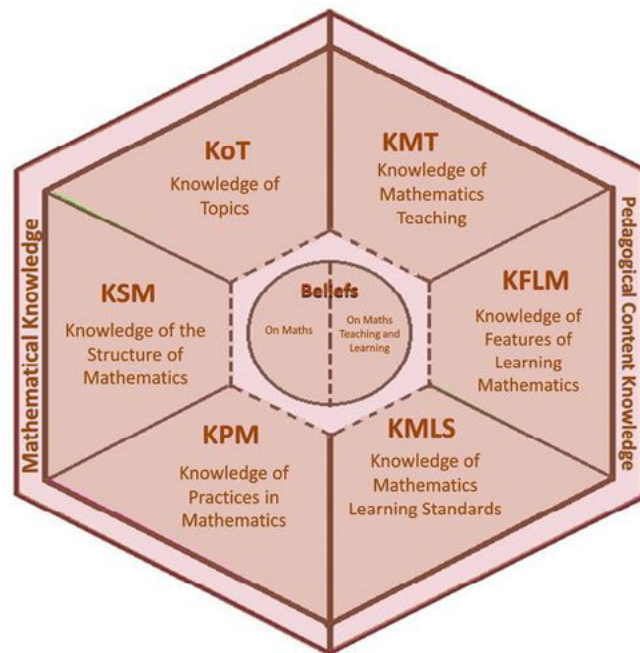


Figura 1.

Esquema del modelo MTSK. Fuente: Carrillo *et al.* (2018, p. 241).

Con el propósito de conjugar la idea previamente expresada de autoeficacia docente con el modelo MTSK en sus dos grandes dominios de cara a lograr una comprensión del conocimiento del profesor de matemáticas en formación que esté estrechamente vinculado con su percepción de eficacia docente, se presentan dos escalas de autoeficacia docente, una centrada en el Cono-

cimiento Matemático (MK) y una segunda asociada al Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK). La selección inicial de los ítems partió de una recopilación de enunciados de varios instrumentos relacionados con la autoeficacia del profesorado de matemáticas como, por ejemplo, la Escala de Creencias de Eficacia en la Enseñanza de la Matemática (ECEEM) de Verdugo *et al.* (2017), la Escala de Autoeficacia Percibida para Docentes en el aula de matemáticas de Tschannen-Moran y Hoy (2001) y otros recogidos o inspirados en diferentes trabajos como, por ejemplo, el de Segarra *et al.* (2021). A partir de lo anterior, se realizó una adaptación de los ítems seleccionados considerando las categorías de los subdominios del modelo MTSK y los indicadores de conocimiento propuestos por Rojas-González (2014).

3. Método

El proceso de validación de las escalas recogido en este artículo aborda la validez de contenido de ambas, su estructura factorial y su fiabilidad en términos, principalmente, de consistencia interna.

3.1 Validez de contenido a través del juicio de expertos

El proceso de validación de las escalas comenzó con el análisis de validez de contenido mediante el juicio de expertos, proceso guiado por el marco teórico subyacente. Para este fin se invitó a 12 personas vinculadas al área de Didáctica de la Matemática y conocedoras del modelo MTSK, algunas de las cuales estaban involucradas o pertenecían al grupo de investigación que dio origen al propio modelo MTSK. Las personas expertas recibieron una plantilla de valoración, diseñada siguiendo las pautas de Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez (2008), junto con una hoja de instrucciones para su cumplimentación. La plantilla recogía: 1) Datos de identificación; 2) Valoración cuantitativa de los ítems en una escala Likert de cuatro puntos (1=No cumple el criterio; 2=Nivel Bajo; 3=Nivel Moderado; 4=Nivel Alto) en términos de Claridad, Pertinencia y Relevancia para cada ítem; y 3) Valoración global de las escalas en relación con la suficiencia de los ítems para cada dominio del modelo MTSK. El nivel de acuerdo interjueces se determinó a través del coeficiente V de Aiken (Penfield y Giacobbi, 2004) de cara a valorar la pertinencia de revisar o eliminar algún(os) ítem(s) (Aiken, 1985, como se cita en Döring, 2023). Para realizar el cálculo del coeficiente V de Aiken y los intervalos de confianza asociados a los tres criterios de validez de contenido considerados, se utilizaron las ecuaciones presentadas por Penfield y Giacobbi (2004) y se asumió un nivel de confianza del 95%. En cuanto a la modificación o eliminación de ítems se consideraron los criterios descritos por los mismos autores: valores V de Aiken inferiores a 0,7 (equivalente a puntuaciones medias por debajo de 3), valores críticos a un nivel de confianza de 95% (en el límite inferior) iguales o por debajo de 0,5 y observaciones de los jueces sobre la necesidad de mejorar o eliminar ítems.

3.2 Análisis factorial exploratorio

Para el estudio de la estructura de las escalas y la exploración de posibles dimensiones subyacentes se llevó a cabo un análisis factorial exploratorio a partir de los datos facilitados mediante la cumplimentación de las escalas por 161 estudiantes (104 mujeres, 54 hombres y 2 estudiantes no binarios) de primer curso del Grado en Educación Primaria en la Universidad de Valladolid seleccionados a través de procedimiento de muestreo intencional por accesibilidad. Se consideró este primer año como óptimo de cara a la potencial aplicación de la escala una vez validada con

el objetivo de realizar un preciso diagnóstico inicial de situación que permita una toma de decisiones adecuada para acompañar el proceso completo de formación inicial. Además, de acuerdo con el Plan de Estudios del Grado en Educación Primaria que estaban cursando, en el segundo cuatrimestre los estudiantes ya contaban con una formación básica general psicopedagógica junto con una formación inicial más específica, también básica, en el ámbito de la Didáctica de la Matemática. La recopilación de datos se llevó a cabo en el último tercio del segundo cuatrimestre y se realizó principalmente a través de un procedimiento de «lápiz y papel» durante una sesión presencial y con la presencia del profesorado de Didáctica de la Matemática responsable del grupo.

Se llevó a cabo también la prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) para determinar la idoneidad de los datos para llevar a cabo un análisis factorial y el análisis de resultados se realizó con ayuda del paquete informático SPSS.26, recurriendo a las recomendaciones de López-Aguado y Gutiérrez-Provecho (2019) para su interpretación. En cuanto a los principios éticos se aplicaron aquellos pertinentes para este tipo de investigación y, en particular, los establecidos por la Universidad de Valladolid, contando con la aprobación del Comité Ético de la Universidad de Valladolid.

3.3 Análisis de fiabilidad

Tras la determinación de la estructura factorial se procedió con un análisis de fiabilidad a través del análisis de diferentes estadísticos descriptivos (media aritmética, desviación típica, puntuaciones máxima y mínima, asimetría y curtosis y capacidad discriminadora de los ítems), el índice de discriminación corregido y las medidas de confiabilidad proporcionadas por el coeficiente Alfa de Cronbach y por la Omega de McDonald (Cronbach, 1951; McDonald, 1999).

4. Resultados

Se presentan a continuación los resultados siguiendo el mismo orden descrito en el apartado anterior al presentar el procedimiento metodológico.

4.1 Resultados de la validez de contenido a través del juicio de expertos

Los valores de la V de Aiken obtenidos para cada uno de los criterios así como los promedios por ítem y categoría se mantuvieron por encima del valor 0.8 (en su mayor parte superando el valor 0.9) salvo en seis de los ítems en la escala MK y en once de los ítems en la escala PCK, permitiendo estos valores considerar los ítems válidos con el nivel de significancia establecido del 95%, siendo también adecuados los valores críticos para este nivel (superiores a 0,5). De los ítems problemáticos, tres fueron finalmente suprimidos en la escala MK (los tres con valores inferiores a 0.8 en dos criterios) y uno en la escala PCK (valores inferiores a 0.8 en los tres criterios) tras analizar los valores promedio y por criterio conjuntamente con los comentarios y observaciones de los jueces. En el resto de los casos simplemente se procedió a una mejora de la redacción atendiendo a las sugerencias de los jueces. De esta forma, las escalas pasaron a tener 31 ítems (escala MK) y 72 ítems (escala PCK), respectivamente.

4.2 Resultados del análisis factorial exploratorio

El análisis factorial exploratorio se ejecutó por el método de extracción de factorización de ejes principales y posterior rotación VARIMAX. Como ya se ha comentado, antes del análisis se calculó la medida de adecuación muestral KMO (para ambas escalas mayor a 0,7) y se acompañó este cálculo con la prueba de esfericidad de Bartlett (estadísticamente significativa, $p = 0,000 < 0,05$). Los resultados llevan a concluir que la aplicación del análisis factorial es pertinente. Posteriormente, se examinaron las comunales en la extracción, resultando, en el caso de la Escala MK, en una estructura dimensional con 7 factores que, en conjunto, explican el 61,97% de la varianza. Según esta solución factorial, uno de los factores es unidimensional. Este ítem presenta una correlación total de elementos corregida baja (0,260), por lo que podría considerarse apropiada su eliminación si bien su comportamiento en el resto de análisis y su propia temática sugirió mantenerlo en esta etapa exploratorio reubicándolo en el factor con el que mantenía mayor conexión teórica. Así, los factores y sus 31 ítems finales se detallan y etiquetan en la Tabla 1.

Tabla 1.

Factores de la Escala MK. *Elaboración propia.*

Factores	Etiqueta	Ítems
1	Conexiones y diferentes significados	20, 21, 22, 23, 24, 25, 29, 30, 31
2	Conceptos y procedimientos matemáticos	6, 7, 16, 17, 18, 19
3	Contenido matemático para el aula	8, 9, 10, 11, 12, 13
4	Distintos significados y contextos	1, 2, 3
5	Estrategias matemáticas en el aula	26, 27, 28
6	Contextos que dan sentido a la matemática escolar	4, 5, 14, 15

Por otro lado, para la Escala PCK la estructura dimensional resultante quedó inicialmente conformada por 16 factores que explican un 69,15% de la varianza, de los cuales 3 son unidimensionales. En ese sentido, se consideró oportuno reducir el número de factores y reubicar los ítems mencionados, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2.

Factores de la Escala PCK. *Elaboración propia.*

Factores	Etiqueta	Ítems
1	Diferentes estilos y necesidades de aprendizaje	21, 22, 23, 26, 27, 28, 30, 32, 34, 35, 40, 42, 43, 46, 47
2	Aprendizajes y nivel de desarrollo esperado	53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 63, 64, 65
3	Estrategias de enseñanza y recursos didácticos	3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 17
4	Dificultades de aprendizaje y formas de proceder en matemáticas	25, 29, 38, 44
5	Atención a documentos educativos oficiales	2, 5, 61, 70, 71
6	Atención a la motivación de los estudiantes	24, 36, 41, 48, 49
7	Programa de estudios de la asignatura de matemáticas	66, 72
8	Enseñanza inclusiva en el aula de matemáticas	31, 33, 39, 67, 69

Factores	Etiqueta	Ítems
9	Tareas matemáticas y estrategias docentes	1, 14, 15, 16, 18, 19
10	Atención a las necesidades individuales del alumnado	37, 62, 68
11	Recursos materiales y de representación matemática	11, 12, 13
12	Concepciones del alumnado sobre matemáticas	50, 51
13	Problemas matemáticos en el aula	45, 52

4.3 Resultados del análisis de fiabilidad

El análisis de los estadísticos descriptivos asociados a cada ítem no sugirió problemas en ninguno de ellos de acuerdo con los criterios habituales de interpretación. Por otra parte, los valores del índice de discriminación corregido fueron superiores a 0,2 en todos los casos. En cuanto al coeficiente Alfa de Cronbach para las escalas totales, este arrojó un valor de 0,937 en la escala MK y de 0,973 en la escala PCK por lo que se puede concluir que las escalas elaboradas tienen una consistencia buena interna. Un análisis de confiabilidad aplicado a cada uno de los factores de ambas escalas obtenidos tras el análisis factorial exploratorio, recurriendo en este caso a la Omega de McDonald que, a diferencia del coeficiente Alfa de Cronbach, trabaja con las cargas factoriales y no depende del número de ítems del cuestionario (Kalkbrenner, 2023), arrojó los resultados que recogen la Tabla 3 y la Tabla 4.

Tabla 3.

Fiabilidad de factores en la Escala MK. *Elaboración propia.*

Factor	McDonald's ω
1	0,867
2	0,863
3	0,872
4	0,882
5	0,874
6	0,877

Tabla 4.

Fiabilidad de factores en la Escala PCK. *Elaboración propia.*

Factor	McDonald's ω
1	0,936
2	0,937
3	0,940
4	0,939
5	0,938
6	0,940
7	0,944
8	0,937
9	0,939
10	0,940
11	0,940
12	0,945
13	0,941

Los resultados por factores confirman los altos niveles de confiabilidad de las dos escalas.

5. Discusión y conclusiones

Los resultados de esta investigación ofrecen dos escalas con buenas propiedades psicométricas que conjugan las ideas de autoeficacia docente y de conocimiento especializado del conocimiento del profesorado de matemáticas bajo el marco del modelo MTSK. Las escalas no se limitan únicamente a abordar los dominios del modelo MTSK, sino que también incorporan las concepciones o creencias sobre la Matemática y sus procesos de enseñanza-aprendizaje. En este sentido, se reconoce la importancia del dominio afectivo en la comprensión integral del conocimiento especializado para la enseñanza de las matemáticas, como ya se ha señalado en trabajos como, por ejemplo, el de Marbán *et al.* (2022).

En cuanto a la estructura factorial de ambas escalas, si bien estos dividen los subdominios del modelo MTSK, los factores resultantes en la escala MK mantienen cierta relación con los obtenidos en otros trabajos como el de Dowling (1978) y el de Kranzler y Pajares (1997), donde se consideran diferentes componentes matemáticos, tres niveles de demanda cognitiva y dos contextos, o el de Can *et al.* (2012), que considera tres factores (autopercepción de las matemáticas, uso de las matemáticas y habilidades matemáticas). En cuanto a la escala PCK, el mayor paralelismo lo encontramos con el trabajo de Karbasi y Samani (2016), en el que surgen como factores uno vinculado con la autoeficacia pedagógica, un segundo con la eficacia para crear un clima escolar positivo, un tercer factor asociado a participación comunitaria y un cuarto relacionado con la toma de decisiones.

Las escalas, a su vez, se presentan como una oportunidad valiosa para profundizar en la interpretación y comprensión de la relación entre los subdominios específicos del modelo MTSK, lo que podría lograr una conexión más sólida entre la teoría y los resultados empíricos, brindando una visión más detallada y rica del impacto de los hallazgos en el contexto teórico propuesto.

Los resultados están sujetos a diferentes limitaciones. En primer lugar, las inherentes a un muestreo no aleatorio que, además, se ha restringido a una población muy localizada. En segundo lugar, los resultados obtenidos proceden de un análisis factorial exploratorio que, si bien ha permitido aportar evidencias de validez de las escalas MK y PCK junto con una propuesta de estructura factorial interna, es preciso llevar a cabo un análisis factorial confirmatorio que facilite una comprensión más profunda de los factores subyacentes y contribuya a fortalecer la fundamentación teórica de las escalas (Brown y Moore, 2012)

Se plantean también algunas recomendaciones para futuras investigaciones destacando la incorporación de otras técnicas y estrategias metodológicas complementarias, como la observación de la conducta de los participantes del estudio en el aula de clase, la aplicación de encuestas y comparaciones entre grupos de la muestra, entrevistas para explorar las razones de las diferencias o relaciones encontradas entre los perfiles del profesorado en formación inicial. Esto permitiría una visión más holística de las percepciones de los estudiantes, así como arrojar luz sobre factores subyacentes no capturados únicamente por las escalas. A su vez, este tipo de estrategia mixta de aproximación a la autoeficacia docente limitaría los problemas asociados a sesgos propios de las medidas autoinformadas como las procedentes de las respuestas directas del alumnado a las escalas.

En conclusión, el estudio ha logrado avances significativos porque aporta escalas para medir la autoeficacia docente en matemáticas en relación con el conocimiento especializado para la enseñanza de las matemáticas del futuro profesorado de primaria. Por consiguiente, las escalas validadas sirven como instru-

mento de investigación para aquellas personas que estén interesadas en realizar estudios en torno a esta temática. A corto plazo, podrían utilizarse para que las autoridades de instituciones educativas puedan diseñar planes de mejora para el desarrollo de la percepción de autoeficacia del profesorado de primaria en formación inicial. A largo plazo, su uso y las decisiones que conlleven sus resultados permitirán orientar la formación inicial del profesorado hacia la consecución de niveles de autopercepción de autoeficacia docente positiva en matemáticas lo que, sin duda, impactaría en la mejora de la motivación hacia la docencia de esta materia para beneficio del alumnado.

Reconocimientos

Este trabajo está vinculado a la Red MTSK de la Asociación Universitaria Iberoamericana de Posgrado (AUIP).

Referencias

- Alshehri, K., y Youssef, N. (2022). The influence of mathematical knowledge for teaching towards elementary teachers' mathematical self-efficacy. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(6). <https://doi.org/10.29333/ejms-te/12086>
- Avilés-Canché, K., y Marbán, J. M. (2023). Perfiles de autoeficacia docente y conocimiento especializado para la enseñanza de las matemáticas. *Revista electrónica interuniversitaria de formación del profesorado*, 26(2), 57-85. <https://doi.org/10.6018/reifop.559321>
- Baka, L. (2017). Norwegian teacher self-efficacy scale psychometric properties of the polish version of the scale. *Medycyna Pracy*, 68(6), 743-755. <https://doi.org/10.13075/mp.5893.00569>
- Ball, D. L., Thames, M., y Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special. *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-407. <https://doi.org/10.1177/0022487108324554>
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84, 191-215. <https://doi.org/10.1037//0033-295x.84.2.191>
- Brown, T. A., y Moore, M. T. (2012). Confirmatory factor analysis. En R. H. Hoyle (Ed.), *Handbook of structural equation modeling* (pp. 361-379). The Guilford Press.
- Can, B. T., Günhan, B. C., y Erdal, S. Ö. (2012). Using Mathematics in Teaching Science Self-efficacy Scale – UMSSS: A Validity and Reliability Study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 8(4), 269-281. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2012.845a>
- Carrillo, J., Climent, N., Flores-Medrano, E., Escudero-Ávila, D., Montes, M. A., Contreras, L. C., Vasco, D., Rojas, N., Flores, P., Aguilar, A., Ribeiro, M., y Muñoz-Catalán, C. (2018). The mathematics teacher's specialized knowledge (MTSK) model. *Research in Mathematics Education*, 20(3), 236-253. <https://doi.org/10.1080/14794802.2018.1479981>
- Cronbach, L. (1951). Coefficient Alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297-334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>
- Döring, N. (2023). Operationalisierung. En *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Springer.
- Dowling, D. M. (1978). *The Development of a mathematics confidence scale and its application in the study of confidence in women college students*. The Ohio State University.
- Escobar-Pérez, J., y Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en medición*, 6(1), 27-36.

- Kalkbrenner, M. (2023). Alpha, omega, and H internal consistency reliability estimates: Reviewing these options and when to use them. *Counseling Outcome Research and Evaluation*, 14(1), 77-88. <https://doi.org/10.1080/21501378.2021.1940118>
- Karbasi, S., y Samani, S. (2016). Psychometric properties of teacher self-efficacy scale. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 217, 618-621.
- Kranzler, J. H., y Pajares, F. (1997). An exploratory factor analysis of the mathematics self-efficacy scale-Revised (MSES-R). *Measurement and evaluation in counseling and development*, 29(4), 215-228.
- López-Aguado, M., y Gutiérrez-Provecho, L. (2019). Cómo realizar e interpretar un análisis factorial exploratorio utilizando SPSS. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 12(2), 1-14. <http://doi.org/10.1344/reire2019.12.227057>
- Marbán, J. M., Fernández-Gago, J., y García, M. S. (2022). Dominio afectivo para la enseñanza: ¿qué lo hace especial?. En J. Carrillo, M. A. Montes y N. Climent (Eds.), *Investigación sobre conocimiento especializado del profesor de matemáticas (MTSK): 10 años de camino*, (pp. 193-206). Dykinson.
- Mazana, M., Montero, C., y Casmir, R. (2019). Investigating Students' Attitude towards Learning Mathematics. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 14(1), 207-231. <https://doi.org/10.29333/iejme/3997>
- McDonald, R. (1999). *Test Theory: A Unified Treatment*. Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9781410601087>
- Montes, M. A., Climent, N., y Contreras, L. C. (2022). Construyendo conocimiento especializado en geometría: un experimento de enseñanza en formación inicial de maestros. *Aula Abierta*, 51(1), 27-36. <https://doi.org/10.17811/rifie.51.1.2022.27-36>
- Penfield, R., y Giacobbi, P. (2004). Applying a score confidence interval to Aiken's item content-relevance index. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 8(4), 213-225. http://dx.doi.org/10.1207/s15327841mpee0804_3
- Rojas-González, N. (2014). *Caracterización del conocimiento especializado del profesor de matemáticas: un estudio de casos* [Tesis Doctoral, Universidad de Granada]. Universidad de Granada.
- Segarra, J., Bueno, A., Barrazueta, J., y Julia, C. (2021). Estudio de la autoeficacia de las enseñanzas de matemáticas de los estudiantes de cuarto año de la Universidad del Azuay y la Universitat Rovira i Virgili. *PNA*, 16(1), 78-97. <https://doi.org/10.30827/pna.v16i1.18519>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.2307/1175860>
- Tschannen-Moran, M., y Hoy, A. W. (2001). Teacher efficacy: Capturing an elusive construct. *Teaching and teacher education*, 17(7), 783-805. [https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(01\)00036-1](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(01)00036-1)
- Verdugo, M., Asún, R., y Martínez, S. (2017). Validación de la escala de creencias de eficacia en la enseñanza de la matemática (ECEEM) y caracterización de las creencias de estudiantes de pedagogía básica. *Calidad en la Educación*, 47, 145-178. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-45652017000200145>
- Zamora-Araya, J., Cruz, J., y Amador, M. (2020). Autoeficacia y su relación con el rendimiento académico en estudiantes de enseñanza de la matemática. *Innovaciones Educativas*, 22(32), 137-150. <https://doi.org/10.22458/ie.v22i32.28188>
- Zhang, D., Wang, Q., Stegall, J., Losinski, M., y Katsiyannis, A. (2018). The construction and initial validation of the student teachers' efficacy scale for teaching students with disabilities. *Remedial and Special Education*, 39(1), 39-52. <https://doi.org/10.1177/0741932516686059>

Anexos

Anexo 1. Escala MK

Señale su grado de acuerdo o desacuerdo con las siguientes afirmaciones	Desacuerdo total	Desacuerdo	Ni acuerdo ni desacuerdo	Acuerdo	Acuerdo total
1. Soy capaz de mencionar cuáles son los diferentes significados que se asocian a los conceptos matemáticos a impartir.	1	2	3	4	5
2. Soy capaz de describir con éxito cuáles son los campos de utilidad de los conceptos a enseñar en ámbitos específicos relacionados con las matemáticas.	1	2	3	4	5
3. Soy capaz de describir diferentes contextos donde se aplican los conceptos matemáticos a impartir.	1	2	3	4	5
4. Soy capaz de crear ejemplos donde los temas tengan un papel relevante y estén enmarcados en contextos matemáticos.	1	2	3	4	5
5. Soy capaz de implementar tareas con situaciones que dan sentido a contenidos matemáticos escolares.	1	2	3	4	5
6. Soy capaz de abordar con éxito temas de matemáticas, de modo que mis futuros estudiantes entiendan al menos los principios básicos.	1	2	3	4	5
7. Comprendo conceptos matemáticos lo suficientemente bien como para ser efectivo(a) al enseñar matemática elemental.	1	2	3	4	5
8. Me considero capaz de responder a cuestiones matemáticas «díficiles» o «desafiantes» planteadas por mis futuros estudiantes fruto de su curiosidad.	1	2	3	4	5
9. Soy capaz de mencionar distintos sistemas de representación (verbal, numérica, gráfica, figural, material o concreta) relacionados con contenidos matemáticos escolares.	1	2	3	4	5
10. Soy capaz de utilizar un lenguaje formal preciso (algebraico, geométrico, probabilístico) según el nivel escolar en el que me encuentre dando clase.	1	2	3	4	5
11. Conozco con precisión las definiciones y propiedades de los contenidos matemáticos a impartir.	1	2	3	4	5
12. Conozco los distintos temas, conceptos y procedimientos matemáticos vinculados al contenido matemático a enseñar.	1	2	3	4	5
13. Soy capaz de describir adecuadamente las etapas de la evolución histórica de conceptos matemáticos escolares.	1	2	3	4	5
14. Soy capaz de expresar diferentes conceptos o nociones matemáticas con el lenguaje que se utiliza en la vida cotidiana.	1	2	3	4	5
15. Soy capaz de implementar tareas que pongan de manifiesto distintos significados de los conceptos matemáticos a enseñar.	1	2	3	4	5
16. Domino conceptos y procedimientos para realizar operaciones y resolver problemas matemáticos de manera efectiva.	1	2	3	4	5
17. Domino conceptos y procedimientos relacionados con el contenido matemático a impartir.	1	2	3	4	5
18. Soy capaz de resolver adecuadamente problemas matemáticos de un nivel más elevado al que imparta.	1	2	3	4	5
19. Soy capaz de desarrollar distintas estrategias al tratar de resolver problemas matemáticos que requieren mayor reflexión y tiempo de resolución en comparación con problemas o ejercicios comunes.	1	2	3	4	5
20. Soy capaz de relacionar contenidos matemáticos a impartir con el nivel escolar posterior en que se estudiarán.	1	2	3	4	5
21. Me considero capaz de lograr conexiones entre conocimientos matemáticos nuevos y previos.	1	2	3	4	5
22. Soy capaz de describir adecuadamente relaciones entre elementos de la estructura conceptual de los contenidos matemáticos a enseñar con sus diferentes significados.	1	2	3	4	5
23. Me considero capaz de establecer conexiones entre los temas que enseñe en clase para favorecer la comprensión de elementos matemáticos.	1	2	3	4	5
24. Me considero capaz de lograr conexiones que permitan a mis estudiantes comprender y desarrollar conceptos matemáticos avanzados.	1	2	3	4	5
25. Soy capaz de dar sentido a los algoritmos de acuerdo con diferentes significados matemáticos.	1	2	3	4	5
26. Empleo argumentaciones lógicas y realizo demostraciones matemáticas con éxito.	1	2	3	4	5
27. Me considero capaz de usar definiciones matemáticas de forma precisa durante mi práctica docente.	1	2	3	4	5
28. Me considero capaz de enseñar, implementar y fomentar el uso de diferentes estrategias de resolución de problemas en el aula.	1	2	3	4	5
29. Conozco definiciones, axiomas y teoremas relacionados con el contenido matemático a impartir.	1	2	3	4	5
30. Soy capaz de emplear ejemplos y contraejemplos relacionados con contenidos matemáticos a enseñar.	1	2	3	4	5
31. Soy capaz de generalizar, establecer relaciones inductivas y deductivas para ilustrar conceptos matemáticos específicos.	1	2	3	4	5

Anexo 2. Escala PCK

Señale su grado de acuerdo o desacuerdo con las siguientes afirmaciones	Desacuerdo total	Desacuerdo	Ni acuerdo ni desacuerdo	Acuerdo	Acuerdo total
1. Tengo conocimiento sobre teorías o perspectivas en matemática educativa que apoyen mi práctica docente.	1	2	3	4	5
2. Me considero capaz de desarrollar mis clases de acuerdo con teorías de enseñanza matemática basadas en la investigación.	1	2	3	4	5
3. Considero importante la adquisición permanente de nuevo conocimiento para mejorar mi forma de enseñar matemáticas.	1	2	3	4	5
4. Me considero capaz de usar con éxito cualquier método de enseñanza matemática que mi centro educativo decida utilizar.	1	2	3	4	5
5. Soy capaz de implementar estrategias en enseñanza de las matemáticas incluso si se cambia el plan de estudios actual.	1	2	3	4	5
6. Soy capaz de implementar materiales específicos en el diseño de las actividades para la enseñanza de las matemáticas.	1	2	3	4	5
7. Me resulta sencillo utilizar adecuadamente materiales concretos para explicar temas de matemáticas.	1	2	3	4	5
8. Soy capaz de utilizar las TIC de forma eficiente como recurso didáctico en matemáticas.	1	2	3	4	5
9. Me considero capaz de adecuar recursos y materiales según el nivel de enseñanza y las finalidades previstas de aprendizaje matemático.	1	2	3	4	5
10. Soy capaz de justificar la utilidad de los materiales o recursos didácticos para el proceso de aprendizaje matemático.	1	2	3	4	5
11. Soy capaz de promover el empleo de recursos y situaciones que envuelvan diversos significados y contextos matemáticos.	1	2	3	4	5
12. Soy capaz de elegir apropiadamente los sistemas de representación (verbal, numérico, gráfico, algebraico) adecuados para la enseñanza de los conceptos matemáticos.	1	2	3	4	5
13. Soy capaz de implementar las representaciones (verbal, numérico, gráfico, algebraico) más adecuadas a cada tarea, según los objetivos de aprendizaje matemáticos planteados.	1	2	3	4	5
14. Soy capaz de diseñar trayectorias de aprendizaje eficientes en matemáticas que faciliten aprendizajes significativos.	1	2	3	4	5
15. Soy capaz de justificar con criterios explícitos que las tareas de matemáticas propuestas son adecuadas al nivel escolar y cognitivo de los estudiantes.	1	2	3	4	5
16. Soy capaz de proponer tareas matemáticas que atiendan a la diversidad del alumnado.	1	2	3	4	5
17. Soy capaz de implementar un repertorio de tareas que permitan adquirir o reforzar los conceptos matemáticos estudiados en el aula.	1	2	3	4	5
18. Me considero capaz de proponer una variedad de tareas matemáticas o improvisarlas en el transcurso de una clase.	1	2	3	4	5
19. Soy capaz de evaluar con precisión el nivel de dificultad adecuado a una actividad matemática.	1	2	3	4	5
20. Me pongo nervioso(a) si alguien observa y evalúa mi desempeño mientras enseño matemáticas en el aula.	1	2	3	4	5
21. Me considero capaz de realizar un seguimiento de la evolución del aprendizaje de mis futuros estudiantes que me permita tomar decisiones acertadas para favorecer su progreso.	1	2	3	4	5
22. Conozco estrategias para abordar errores o dificultades del alumnado en matemáticas.	1	2	3	4	5
23. Soy capaz de desarrollar argumentos que faciliten la adquisición de conceptos y procedimientos matemáticos en el alumnado.	1	2	3	4	5
24. Considero que mi práctica docente puede impactar positivamente en el rendimiento matemático del alumnado.	1	2	3	4	5
25. Conozco las etapas de aprendizaje por las que transcurre el pensamiento del alumnado para conocer y comprender algún contenido matemático específico.	1	2	3	4	5

Señale su grado de acuerdo o desacuerdo con las siguientes afirmaciones	Desacuerdo total	Desacuerdo	Ni acuerdo ni desacuerdo	Acuerdo	Acuerdo total
26. Me considero capaz de adaptarme y atender a la existencia en el aula de diferentes ritmos, necesidades y estilos de aprendizaje en matemáticas.	1	2	3	4	5
27. Soy capaz de organizar el trabajo escolar para adaptar tareas matemáticas a las necesidades individuales del alumnado.	1	2	3	4	5
28. Me considero capaz de identificar qué imagen mental de un concepto o procedimiento matemático tienen los estudiantes a partir de sus expectativas o respuestas.	1	2	3	4	5
29. Me considero capaz de reconocer errores y dificultades de los estudiantes al aplicar conceptos y procedimientos matemáticos durante la resolución de tareas o ejercicios.	1	2	3	4	5
30. Reconozco indicadores de la presencia de errores conceptuales en los argumentos de los estudiantes.	1	2	3	4	5
31. Soy capaz de planificar tareas con el objetivo de detectar o evitar dificultades de los estudiantes en relación con contenidos matemáticos.	1	2	3	4	5
32. Me considero capaz de presentar diferentes formas de abordar los contenidos matemáticos cuando los estudiantes tienen dificultades de aprendizaje.	1	2	3	4	5
33. Me considero capaz de reconocer cuáles son los posibles errores, dificultades u obstáculos que mis estudiantes puedan tener en matemáticas.	1	2	3	4	5
34. Soy capaz de observar el potencial de aprendizaje matemático en el alumnado.	1	2	3	4	5
35. Soy capaz de crear un entorno de aprendizaje matemático inclusivo.	1	2	3	4	5
36. Soy capaz de atender con retos, propuestas o adaptaciones adecuadas a los estudiantes con más talento matemático.	1	2	3	4	5
37. Soy capaz de trabajar los temas centrales de matemáticas para que incluso los estudiantes de bajo rendimiento adquieran un aprendizaje significativo.	1	2	3	4	5
38. Reconozco las características de los diferentes tipos de dificultades de aprendizaje en matemáticas.	1	2	3	4	5
39. Me considero capaz de brindar una buena orientación e instrucción a todos los estudiantes, independientemente de su nivel de habilidad en matemáticas.	1	2	3	4	5
40. Soy capaz de presentar tareas matemáticas que refuercen los conceptos o procedimientos matemáticos relacionados con dificultades de aprendizaje que los estudiantes puedan presentar.	1	2	3	4	5
41. Me considero capaz de lograr que mis futuros estudiantes discutan sobre sus propios errores cuando realizan actividades o tareas matemáticas.	1	2	3	4	5
42. Me considero capaz de ajustar tareas al nivel de los estudiantes que tienen dificultades con las matemáticas.	1	2	3	4	5
43. Soy capaz de ayudar a estudiantes que tengan dificultades para entender conceptos matemáticos.	1	2	3	4	5
44. Soy capaz de inferir los pasos mentales de los estudiantes en el proceso de desarrollo de una respuesta.	1	2	3	4	5
45. Me considero capaz de responder las dudas de los estudiantes para que entiendan los problemas que les resultan difíciles.	1	2	3	4	5
46. Me considero capaz de identificar lo que realmente han comprendido los estudiantes de lo que se ha trabajado en el aula.	1	2	3	4	5
47. Me considero capaz de proporcionar explicaciones alternativas y ejemplos si percibo que no se entiende bien lo que he explicado o trabajado en clase de matemáticas.	1	2	3	4	5
48. Me considero capaz de despertar el deseo de aprender incluso de los estudiantes de más bajo rendimiento en matemáticas.	1	2	3	4	5
49. Me considero capaz de hacer que todos los estudiantes se involucren activamente con las actividades matemáticas propuestas en clase.	1	2	3	4	5
50. Me considero capaz de reconocer cuáles son las concepciones e ideas previas de los estudiantes sobre contenidos matemáticos específicos.	1	2	3	4	5

Señale su grado de acuerdo o desacuerdo con las siguientes afirmaciones	Desacuerdo total	Desacuerdo	Ni acuerdo ni desacuerdo	Acuerdo	Acuerdo total
51. Tomo en cuenta las concepciones de los estudiantes sobre matemáticas, relativas a expectativas e intereses sobre los contenidos matemáticos.	1	2	3	4	5
52. Me considero capaz de plantear buenas cuestiones y problemas matemáticos que supongan un reto para los estudiantes.	1	2	3	4	5
53. Me considero capaz de asociar los objetivos de aprendizaje planteados con el desarrollo de mi práctica docente según documentos oficiales.	1	2	3	4	5
54. Soy capaz de hacer referencia a contenidos esperados que podrían aprender los estudiantes, según lo reconocido en documentos curriculares o en la práctica habitual, de acuerdo con el tipo de alumnado y sus conocimientos previos.	1	2	3	4	5
55. Conozco estándares de aprendizaje en matemáticas surgidos de investigaciones.	1	2	3	4	5
56. Soy capaz de describir cómo deben ser enseñados o abordados contenidos matemáticos según el currículo escolar.	1	2	3	4	5
57. Soy capaz de reflejar los contenidos matemáticos mínimos previstos en el currículo escolar en mi propuesta de enseñanza.	1	2	3	4	5
58. Me considero capaz de justificar que las tareas matemáticas propuestas en mis clases se adaptan o enriquecen según las orientaciones establecidas en los documentos oficiales o curriculares de educación.	1	2	3	4	5
59. Soy capaz de justificar la adecuación entre las propuestas de gestión que se ponen en juego y las previstas en las recomendaciones metodológicas según el currículo escolar matemático.	1	2	3	4	5
60. Soy capaz de justificar el uso de materiales y recursos matemático-didácticos de acuerdo con las orientaciones metodológicas estipuladas en documentos oficiales.	1	2	3	4	5
61. Soy capaz de lograr que los estudiantes alcancen objetivos de aprendizaje matemáticos propuestos en el currículo escolar.	1	2	3	4	5
62. Soy capaz de desarrollar objetivos matemáticos que aborden las metas del programa de educación individualizado, los estándares del plan de estudios y las necesidades de los estudiantes.	1	2	3	4	5
63. Soy capaz de promover la formalización de escrituras, fundamentos matemáticos de las definiciones y algoritmos según el rigor correspondiente a los niveles escolares.	1	2	3	4	5
64. Conozco conceptos, propiedades, relaciones y problemas de temas matemáticos que se reflejan en el currículo escolar de referencia o en documentos oficiales que atienden al proceso de enseñanza.	1	2	3	4	5
65. Soy capaz de diferenciar entre expectativas de aprendizaje y contenidos de matemáticas de cada nivel educativo.	1	2	3	4	5
66. Soy capaz de reconocer orientaciones curriculares en matemáticas emitidas por asociaciones de profesores, grupos de investigaciones, entre otros.	1	2	3	4	5
67. Me considero capaz de seguir los procedimientos de las políticas educativas para la educación inclusiva en matemáticas.	1	2	3	4	5
68. Soy capaz de usar indicadores de rendimiento estandarizados y equivalentes a la edad, así como otra información de diagnóstico, para el diseño de programas de educación matemática individualizada para estudiantes con discapacidad.	1	2	3	4	5
69. Me considero competente para facilitar reportes continuos sobre el progreso en matemáticas de los estudiantes con el objetivo de alcanzar las metas del programa de educación individualizado a corto y largo plazo.	1	2	3	4	5
70. Soy capaz de planificar clases de matemáticas considerando los contenidos del libro del profesor y de los estudiantes.	1	2	3	4	5
71. Soy capaz de establecer una secuenciación de temas que favorezca el desarrollo conceptual matemático esperado.	1	2	3	4	5
72. Soy capaz de ofrecer ideas, sugerencias y modificaciones para el plan o programa de estudios de matemáticas.	1	2	3	4	5