

ANÁLISIS DE LOS ERRORES EN LA MEDIDA DE LONGITUDES EN EL MESOESPACIO EN EL CONTEXTO DE UN PROYECTO STEAM

Analyzing Errors in Length Measurement within the Mesospace in the Context of a STEAM Project

Fraile-González, J., Méndez, M., Palop, B. y Belmonte, J.M.

Universidad Complutense de Madrid

Resumen

La integración de la educación STEAM en el currículo de educación primaria permite a los estudiantes abordar problemas del mundo real favoreciendo un aprendizaje significativo de la matemática. En este contexto, se lleva a cabo un proyecto de educación STEAM integrado en el Grado de Educación Primaria, enmarcado en una investigación-acción. El estudio analiza los errores cometidos por 21 estudiantes en la resolución de un problema relacionado con la estimación y medición de longitudes en el mesoespacio. Se identifican errores en las estrategias para medir el espacio, el uso incorrecto de los instrumentos de medida y en la interpretación de los resultados matemáticos en un contexto real. Estos resultados subrayan la importancia de la educación STEAM y de la resolución de problemas del mundo real en la formación de maestros.

Palabras clave: educación STEAM; formación de maestros; errores; medida; resolución de problemas del mundo real.

Abstract

The integration of STEAM education into the primary education curriculum enables students to engage with real-world problems, thereby facilitating significant learning outcomes in mathematics. Within this framework, a primary education-level integrated STEAM education project is implemented, situated within an action research paradigm. The study examines the errors made by 21 students while addressing a problem concerning estimation and measurement of lengths in mesospace. Errors in measuring strategies, use of measuring tools, and interpreting mathematical results in real-world contexts are identified, emphasizing the crucial role of STEAM education and real-world problem-solving in teacher training.

Keywords: STEAM education; teacher training; errors; measurement; real-world problem-solving.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento especializado del profesor de matemáticas debe integrar los contenidos y tendencias del currículo para poder dar una respuesta adecuada en el aula escolar. La incorporación de la competencia STEM en los currículos de primaria (Real Decreto 157/2022) hace necesario buscar formas para integrar esta formación en los planes de estudio del Grado de Maestro en Educación Primaria. La educación STEAM (*Science, Technology, Engineering Arts and Mathematics*) se ha definido como una enseñanza de los contenidos y procedimientos de las áreas de Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas de forma integrada (Moore et al., 2020). STEAM permite llevar al aula de primaria problemas de contexto real que favorecen un aprendizaje significativo de las matemáticas conectando esta disciplina con otras áreas (Albarracín y Gorgorió, 2014; Blum y Niss, 1991).

A continuación, se presenta parte de un proyecto STEAM desarrollado el Grado de Maestro en Educación Primaria en una asignatura optativa durante el curso 2023-2024. La tarea que se presenta es una actividad de medir, en un espacio real, utilizando instrumentos de medida. El objetivo de nuestro trabajo se centra en identificar e interpretar los errores de medida, estimación y viabilidad de las respuestas que cometen los estudiantes en tareas de contexto real que requieren la medición en el mesoespacio en el primer ciclo de una investigación-acción (I-A). Los errores de medida de longitud, superficie y volumen en la educación básica han sido objeto de investigación (Lehrer et al., 2003). Chamorro (2003) denunciaba que la escuela abandonaba parte de la enseñanza, como la medida de los objetos, en el convencimiento de que el alumno acabará aprendiendo por su cuenta, centrándose en cuestiones aritméticas de la medida.

MARCO TEÓRICO

En el enfoque educativo STEAM la enseñanza de las disciplinas que integra está conectada por grandes ideas, habilidades y prácticas comunes (Moore et al., 2020). Hay diferencias en la investigación sobre lo que supone esa integración en el número de áreas a integrar y en el rol de cada una. Otra característica de la educación STEAM es la utilización de problemas de contexto real (Kloser et al., 2018). La matemática realista proponía la integración de situaciones problemáticas de contextos reales a través de los cuales los estudiantes redescubren las matemáticas fomentando en ellos las habilidades de resolución de problemas, razonamiento, así como una comprensión significativa de los contenidos (Dawkins, 2015).

El uso de las matemáticas para resolver problemas del mundo real se ha llamado modelización matemática (Niss et al., 2007). Esta modelización matemática puede ser tomada como contenido para aprender y como procedimiento para resolver una tarea. No hay consenso en la investigación sobre la definición de los problemas de modelización y los procedimientos de resolución (Doerr et al., 2017). Sin embargo, la resolución de estas tareas comienza en un problema real, con la comprensión de la situación; posteriormente se afronta la resolución de la tarea matemática y con esos resultados matemáticos se interpretan y se validan con la situación propuesta del problema real (Blum y Leiss, 2007). La habilidad de modelización matemática está integrada en los currículos escolares (Doerr et al., 2017) y es necesario que los maestros reciban formación para plantear las actividades que la desarrollen. Thompson (1985) recomienda que los profesores experimenten la resolución de problemas desde la posición de resolutores antes de afrontar su enseñanza.

La enseñanza de la medida de la longitud es un contenido importante para la comprensión de otras magnitudes geométricas como el área y el volumen. El objetivo de esta enseñanza está en adquirir los conocimientos de medida y la habilidad de los instrumentos para medir (Lehrer et al., 2003). Estos autores recomiendan que la enseñanza se focalice en la construcción de dos grandes conceptos: la unidad de medida y la escala para medir. En su desarrollo aparecen dificultades y errores, algunos de ellos debido a las prácticas de enseñanza del aula (Chamorro y Belmonte, 1991). Con respecto de la unidad de medida de longitud, aparecen errores en la medición de longitudes utilizando patrones de medida dejando huecos entre ellos o solapando los patrones de medida que se toman o en la conclusión de que no se puede medir más porque se han acabado los patrones de medida (Lehrer et al., 2003); estos autores comentan otros errores y dificultades con respecto a la construcción de la escala como son la lectura de las medidas utilizando el instrumento desde el 1 en vez del 0, o que la medida de 10 la podemos tener de 0-10 y del 10-20 en el instrumento. Dificultades con respecto del contenido de la magnitud del área y su medida, muestran estos autores, la necesidad de los estudiantes de utilizar patrones de medida con forma similar a la superficie medida; o si las unidades de superficie utilizadas pavimentan el borde de la superficie rechazarlas como unidad, no entendiendo los encuadramientos. Baturo y Nason (1996) muestran que, en vez de identificar un área cubriendo el espacio con unidades cuadradas, los estudiantes intentan utilizar la fórmula del rectángulo. López-Serentill (2022) denuncia que la enseñanza de esta magnitud y su medida se centraba en el aula en el uso de las fórmulas del cálculo de áreas.

METODOLOGÍA

El estudio se enmarca en un trabajo de I-A sobre la integración de la Educación STEAM en los planes de formación de maestro de primaria, en concreto en la asignatura Taller de Ciencias Físico-Químicas en la que participan seis formadores de las didácticas de tres áreas (Ciencias Experimentales, Ciencias Sociales y Matemáticas). La I-A se organiza temporalmente en una espiral de ciclos siguiendo las fases generales de planificación, acción-observación y reflexión (Suárez, 2002). Se focaliza en este trabajo la atención desde la didáctica de las matemáticas en las tareas relacionadas con la medida en el mesoespacio que los alumnos deben realizar en el proyecto. Como señala Elliot (1986), en la I-A los docentes investigan situaciones problemáticas de su práctica con el objetivo de mejorarlas.

Junto a los 6 formadores participaron 21 estudiantes usando una metodología *Scrum* adaptada a la educación superior similar a la descrita por Lourakis y Petridis (2023). Esta metodología favorece que los alumnos se autoasignen las tareas del proyecto, generalmente en parejas y compartiendo los avances y resultados. Se acompañó a los estudiantes fuera del aula con una cámara de vídeo. Se ha realizado una interpretación cualitativa de los datos recogidos desde un paradigma interpretativo (Kvale, 1996). En este primer ciclo interpretamos los datos bajo la lente de las categorías de errores tipificadas en la investigación: errores del cálculo de medidas del aula (EM), que se dividen en errores de estimación (EM1), uso inadecuado del instrumento de medida de longitud (EM2), falta de precisión en los resultados de medidas (EM3) y procedimientos de medición erróneos (EM4); y errores por no tener en cuenta el contexto real del problema propuesto (EC) que se dividen en: errores en la contextualización del procedimiento de medición (EC1), y de validación de las respuestas al devolverlas a su contexto real (EC2). Siguiendo a Schoenfeld (2000), se decide fragmentar cada vídeo en episodios, siguiendo como criterio la aparición de un error.

RESULTADOS

Se presentan en esta sección las fases de planificación y acción-observación del primer ciclo de I-A, cuya reflexión se recoge en la siguiente sección junto con las conclusiones.

Planificación

Los formadores diseñaron una propuesta formativa de Educación STEAM basada en el Aprendizaje Basado en Proyectos en la que los alumnos debían movilizar competencias y saberes del contenido de las tres áreas. En la primera sesión, además de la descripción de la metodología de trabajo y algunas nociones de *Scrum* y de trabajo por proyectos, se proporcionó a los alumnos la siguiente consigna:

La Facultad de Educación planea construir un nuevo edificio/aula para enseñar Matemáticas y Ciencias Sociales y Naturales a estudiantes de Primaria. Debe alojar a un grupo de 25 escolares, estar situado en el recinto de la Facultad, separado de los edificios existentes, sin interferir con áreas comunitarias, vegetación o estacionamiento. Debe tener aislamiento térmico y acústico, y un diseño exterior coherente con la estética del edificio principal. Se requieren planos a escala detallando las medidas exteriores e interiores, incluyendo ventanas y puertas, y garantizando que el espacio cumple con las normativas establecidas.

La propuesta se implementó durante 9 sesiones de dos horas cada una. El plan de trabajo incluyó tres *sprints* con tres sesiones de aula cada uno, donde los estudiantes elaboran prototipos y reciben correcciones de los formadores para mejorar el producto final. Respecto a las tareas concretas de medida que nos ocupan en este trabajo, se esperaba que todos los equipos detectarían de manera inmediata (entre las sesiones 1 y 2) la necesidad de salir del aula a encontrar una ubicación que cumpliera los requisitos propuestos. También se esperaba que surgiera de manera natural la necesidad de medir el espacio disponible para, a continuación, ubicar en ese espacio su propuesta de aula. Se puso a disposición de los alumnos dentro del aula varios instrumentos de medida: varias cintas métricas de 15 metros, algunas reglas de 40 centímetros, algunas ruedas de medición y varios flexómetros de 5 metros entre los que debían elegir conforme a sus necesidades.

Acción-observación

En el proceso de medición participaron varios alumnos de cada grupo: Grupo 1 (G1: A8 y A9), Grupo 2 (G2: A1 y A2), Grupo 3 (G3: A6 y A7) y Grupo 4 (G4: A3, A4 y A5). Los alumnos resolvieron el problema a lo largo de una secuencia temporal de 9 sesiones (Tabla 1).

Tabla 1. Acciones de los alumnos y formadores relacionadas con la medida. Elaboración propia.

Sesión	Alumnos	Formadores
1	Exploran el mesoespacio buscando una ubicación en la que situar el aula.	Recuerdan la normativa que deben cumplir ante la dificultad de interpretar las estimaciones.
	Identifican la única ubicación posible y realizan mediciones (rueda de medición).	Cuestionan la precisión de las medidas obtenidas y el uso del instrumento de medida.
2	Algunos realizan nuevas mediciones.	Proponen comparar las propuestas de aula con un modelo real.
3	Entregan el primer prototipo.	Realizan mediciones y cuestionan las medidas realizadas por los alumnos.
4	Efectúan correcciones. No realizan mediciones en el mesoespacio	Muestran cómo utilizar los instrumentos de medida y criterios para su elección.
5-6	Un grupo realiza mediciones y corrige sus resultados. Entregan el segundo prototipo.	Dan <i>feedback</i> . Identifican errores de medida en un grupo. Guía en el proceso de medición.
7-8-9	Trabajo de aula y entrega del modelo final.	

En el plazo esperado (1ª sesión), todos los equipos reconocen la necesidad de localizar una ubicación adecuada, comenzando con una exploración del entorno sin valorar la posibilidad de analizar el espacio con herramientas digitales como Google Maps. Describimos a continuación desde el foco del sentido de la medida cómo los alumnos se enfrentan a la tarea. Algún grupo recorrió inicialmente varios lugares sin llevar instrumentos de medida y sin plantearse previamente cuáles serían las dimensiones necesarias para su aula. En estas exploraciones surgieron dificultades de estimación evidenciadas en un extracto de conversación entre los alumnos A1 y A2 y el formador F1 cuando los primeros evalúan si su aula imaginada cabría en un posible emplazamiento (EM1).

A1: a ver que sea grande, pero tampoco es necesario que sea tan grande.

A2: bueno como la nuestra de ahora.

A1: bueno un poco más grande, si son 25 alumnos...

A2: el laboratorio es más grande, igual como el laboratorio.

F1: ¿Cómo de grande es el laboratorio?

A1: un poco más grande que la nuestra de ahora.

Este intento de realizar comparaciones de espacios estimando llevó a los alumnos a necesitar medir en el mesoespacio. Justamente A1 y A2, después de estimar si les cabe el aula en un cierto espacio, solicitan instrumentos de medida para comprobarlo. Esta fase de percepción del mesoespacio se saldó con la identificación por parte de todos los equipos de la misma ubicación, de entre las posibles. Todos los equipos optaron por la rueda de medición la primera vez que fueron a medir. Una única alumna (A6) valoró la elección de la cinta métrica de quince metros y en su apreciación se observa restos de necesidad de la unidad objetual en tanto que necesitan materializar físicamente la unidad en el objeto a medir y manifestando una falta del uso de la aditividad de la medida.

A6: ¿No la hay más larga?... Si no, cuando lleguemos a 15... Era por si había una de 30.

Todos los alumnos mostraron errores en el proceso de medición en el mesoespacio, siendo reiterado un uso inapropiado de los instrumentos de medida. En particular, fueron frecuentes las situaciones en las que los alumnos comenzaban a medir con la rueda sin inicializarla (EM2). Nótese que el proceso de medición con este instrumento consiste en contar el número de vueltas que da la rueda al recorrer con ella un segmento. A3 manifestó confusión al medir un segmento en sucesivas ocasiones, la primera comenzando a contar desde uno (EM2) y la segunda desde cero.

A3: ¿se va haciendo más pequeño cada vez que damos una vuelta?

Podemos subrayar también los errores relativos al procedimiento de medición con el instrumento, que no obliga -como sí sucede con la cinta métrica- a seguir una línea recta. También llamó la atención que, habiendo líneas rectas en el pavimentado del suelo, los estudiantes no las emplearon para obtener las medidas y seguían recorridos sin asegurar trayectorias rectas (EM4). Los formadores dan realimentación al grupo completo sobre los procedimientos erróneos seguidos. Se les propone entonces el uso de instrumentos más adecuados para medir las dimensiones del espacio elegido. Todos los grupos optan en esta ocasión por la cinta métrica de quince metros de longitud. Aunque algunos solicitaron aclaraciones por parte de los formadores para identificar el cero en este instrumento, varios grupos cometieron aún errores en su uso, como el de no tensar la cinta métrica (EM2, EM4). Se detecta en las mediciones en el mesoespacio el uso adecuado del metro como unidad de medida para la tarea, pero los alumnos se restringen a los valores enteros. Así, tratan de encajar una forma rectangular donde ambos lados tienen una medida entera de metros. Por este motivo, los alumnos optan por redondear la longitud de un segmento cuando tiene un valor entre dos enteros. Los alumnos A8 y A1 lo expresan de forma similar en distintos momentos, lo que también muestra una intención clara de descartar decimales en las medidas (EM3).

A8: son 14 exactos, así ya está, 14 y un pelín.

A1: mide 7 y pico, se queda en 7.

El Grupo G4 realizó las mediciones con el odómetro de manera incorrecta, resultando evidente el error en el segundo prototipo. Un integrante del grupo al emplear la rueda de medición levantaba la rueda para evitar obstáculos longitudinales en el suelo (EM4) -en este caso, un alcorque- y no la inicializaba en cada medición subsiguiente (EM2). Los formadores acompañaron a los alumnos A3 y A4 para repetir las mediciones, esta vez utilizando una cinta métrica correctamente. Los alumnos manifiestan su confusión al encontrar mediciones discrepantes.

A4: Pero si es que antes daba mal ahora va a dar mal... Es imposible que dé lo mismo.

Además del enfoque desde el sentido de la medida, resulta también interesante observar cómo los alumnos se han enfrentado a la tarea desde el prisma de la resolución de un problema real. De manera inesperada, los alumnos no realizaron una medida del espacio disponible para, a continuación, encajar en él el aula. Por el contrario, al encontrar un espacio “suficientemente grande”, procedían a realizar directamente mediciones sobre una idea mental de cómo y dónde se ubicaría el aula. Así, imaginaron un aula de planta rectangular a la que asignaron los valores de las medidas que realizaban en el mesoespacio, con frecuencia entre puntos arbitrarios. Todos los grupos en algún momento obviaron elementos no modificables (árboles, rejillas de ventilación) cuando estos interferían en su solución imaginada (EC1). Este proceso condujo a resultados matemáticos poco adecuados al contexto real como se aprecia en una propuesta de aula que presentan A6 y A7 al formador F2. Cuestionan si un aula de planta rectangular con unas dimensiones de 23 y 11 metros es adecuada ya que desconocen las medidas de un aula real (EC2). Tras tomar nuevas medidas redujeron las dimensiones del aula a 6,5 y 13 metros. A pesar de las sugerencias de F2 de comparar sus resultados con las medidas de un aula real, calcularon el área del aula propuesta, que consideraron demasiado grande. A7 sugiere

reducir la longitud de un lado mientras que A6 prefiere concluir el proceso de medida, mostrando su preocupación por ofrecer resultados matemáticos más que resultados reales (EC2).

A6: Tenemos las medidas que es lo importante, ahora pensamos como hacemos los planos.

Este problema también se evidencia cuando A1 y A2 realizan mediciones focalizándose en la resolución matemática del problema sin prestar atención al contexto real. Miden un lado arbitrario desde el borde de la pared de un edificio sin mostrar especial consideración por el punto desde el que comenzaban a medir (EC1). Así, proponen un aula de planta rectangular con lados de 18 y 9 metros. Después deciden reducir la longitud de cada lado en dos metros, estimando que esa longitud ofrece una separación suficiente de la pared. No sabían interpretar si el área del aula que proponían era adecuada porque no tenían un tamaño esperado con el que comparar (EC2). Tampoco se cuestionan si la ubicación en el espacio escogido es adecuada. Esta dificultad también se manifiesta en el trabajo de A8 y A9 al evaluar la viabilidad de su primera propuesta de aula con planta rectangular de lados de 13 y 14 metros (EC2).

A9: Es muy grande, pero está bien porque tiene que incluir muchos materiales porque es para 3 departamentos.

Después de cuestionar el formador F2 el tamaño del aula, realizaron nuevas mediciones (desde puntos arbitrarios) que le llevaron a reducir las dimensiones a 9 y 10 metros, respectivamente. Esta segunda propuesta de aula se ubicó en otra parte, aunque dentro del mismo espacio.

A3 y A4 (G4) tuvieron dificultades similares al ubicar su aula en el mesoespacio. Las medidas que tomaron fueron imprecisas y su proceso de planificación defectuoso lo que condujo a una propuesta de aula de planta rectangular poco realista. Al constatar que una de las dimensiones de su aula no podía superar 7 metros por encontrarse entre dos alcorques, decidieron alargar la figura hasta aprovechar todo el espacio disponible, resultando en una longitud de 28 metros (EC1 y EC2), si bien uno de los integrantes de la pareja parece ser consciente de lo inhabitual de esta dimensión.

A3: 7 es enano, o sea que aprovechamos y hacemos la clase más larga (...). Es que la clase es *superlarga* y necesitamos mucha luz.

Esto condujo a sobredimensionar algunos objetos del aula como las ventanas de más de 2 metros de largo y pizarras de 1 metro de profundidad en el plano final (EC2). Así, al trabajar en un contexto estrictamente matemático, no logran interpretar la validez de los resultados en la realidad.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se presenta en este apartado la reflexión, última fase de la I-A, a modo de discusión y conclusión.

De manera general, los alumnos no asumieron como propia la tarea que se les encomendaba: El diseño de un aula. La formulación de la consigna no establecía elementos que obligaran a movilizar muchas de las herramientas propias de un proceso de medición, lo que evidencia una ausencia de un buen proceso de modelización matemática. El mero contexto general de la construcción de un aula parece que no ha resultado suficiente para que los alumnos se apropien de la tarea. Así, aspectos como los procedimientos de medición, el uso de instrumentos o la precisión de los resultados de medida, que han generado ciertas respuestas de dudosa realización, no fueron percibidos como de imprescindible aplicación en el desarrollo de los trabajos de diseño del aula. Este hecho ha provocado dificultades en lo que Brousseau (1988) denomina devolución de la tarea, asumir la responsabilidad de su aprendizaje.

Algunos de los errores descritos, ya documentados en la literatura, son debidos a una enseñanza del área centrada en la aplicación de fórmulas, a una escasez de referentes de superficie (Baturó y Nason, 1996; López-Serentill, 2022) y a una falta de ocasiones de hacer mediciones reales como indican Chamorro y Belmonte (1991). Lehrer et al. (2003) plantean que, si los estudiantes entienden la medida, podrían adaptar su conocimiento a nuevas situaciones, aunque el uso que hacen del odómetro

plantea dudas sobre esto. Todos los alumnos estudiaron las posibilidades de la construcción del aula directamente en el mesoespacio, sin hacer un trabajo previo de dimensiones en el microespacio, lo que les hubiera permitido afrontar mejor las tareas de búsqueda del emplazamiento la planificación de la tarea a partir de conocer las medidas del aula necesarias y la viabilidad real de las medidas propuestas en sus prototipos. También cabe añadir la posible falta de experiencias de tareas de contexto real encontradas durante su formación puede haber sido la causa (Verschaffel et al., 2020). El enfoque transdisciplinar desplaza a los alumnos de su entorno habitual de aprendizaje matemático, requiriendo una aplicación consciente de sus conocimientos. Es crucial asegurar que el contexto promueva el uso de herramientas matemáticas específicas, aunque no se establezca un mandato explícito para "aprender a medir". Por ello, es fundamental verificar que las condiciones del contexto transdisciplinar promuevan el uso necesario de las herramientas matemáticas en el aprendizaje.

Referencias

- Abassian, A., Safi, F., Bush, S. y Bostic, J. (2020). Five different perspectives on mathematical modeling in mathematics education, *Investigations in Mathematics Learning*, 12(1), 53-65. <https://doi.org/10.1080/19477503.2019.1595360>
- Albarracín, L. y Gorgorió, N. (2014). Devising a plan to solve Fermi problems involving large numbers. *Educational Studies in Mathematics*, 86(1), 79–96. <https://doi.org/10.1007/s10649-013-9528-9>
- Baturo, A. y Nason, R. (1996). Student Teachers' Subject Matter Knowledge within the Domain of Area Measurement. *Educational Studies in Mathematics*, 31(3), 235-268.
- Blum, W. y Niss, M. (1991). Applied mathematical problem solving, modelling, applications and links to other subjects – State, trends and issues in mathematics instruction. *Educational Studies in Mathematics*, 22(1), 37–68.
- Blum, W. y Leiss, D. (2007). How do students' and teachers deal with modelling problems? In C. Haines, P. Galbraith, W. Blum, y S. Khan (Eds.), *Mathematical Modelling: Education, Engineering and Economics, ICTMA* (pp. 222–231). Horwood Publishing.
- Brousseau, G. (1988). Los Diferentes Roles del Maestro. En C. Parra, y I. Saiz, (Eds), *Didáctica de Matemáticas, Aportes y reflexiones* (pp. 65-94). Paidós.
- Chamorro, M. C. y Belmonte, J. M. (1991). *El problema de la medida. Didáctica de las magnitudes lineales*. Síntesis.
- Chamorro, M. C. (2003). El tratamiento escolar de las magnitudes y su medida. En M^a C. Chamorro (Coord.), *Didáctica de las Matemáticas* (pp. 221-244). Pearson.
- Dawkins, P. C. (2015). Explication as a lens for the formalization of mathematical theory through guided reinvention. *The Journal of Mathematical Behavior*, 37, 63-82. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2014.11.002>.
- Doerr, H.M., Ärleback, J.B. y Misfeldt, M. (2017). Representations of Modelling in Mathematics Education. In: Stillman, G., Blum, W., Kaiser, G. (eds) *Mathematical Modelling and Applications. International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62968-1_6
- Elliott, J. (1986). "Action-research": normas para la autoevaluación en los colegios. En L. Haynes (Ed.), *Investigación-acción en el aula* (pp. 21-48). Conselleria de Cultura, Educació i Ciència.
- Kvale S. (1996). *Interviews: An introduction to qualitative research interviewing*. Sage.
- Kloser, M., Wilsey, M., Twohy, K. E., Immonen, A. D. y Navotas, A. C. (2018). We do STEM: Unsettled conceptions of STEM education in middle school S.T.E.M. classrooms. *School Science y Mathematics*, 118(8), 335–347. <https://doi.org/10.1111/ssm.12304>
- Lehrer, R., Jaslow, L. y Curtis, C. L. (2003). Developing understanding of measurement in the elementary grades. In D. H. Clements y G. Bright (Eds.), *Learning and Teaching Measurement: 2003 Yearbook* (pp. 100–121). National Council of Teachers of Mathematics.

- López-Serentill, P. (2022). Categorización de los errores de los estudiantes para maestro de primaria en tareas de medida de magnitudes. En T. F. Blanco, C. Núñez-García, M. C. Cañadas y J. A. González-Calero (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXV* (pp. 363-371). SEIEM.
- Lourakis E. y Petridis K. (2023). Applying Scrum in an Online Physics II Undergraduate Course: Effect on Student Progression and Soft Skills Development. *Education Sciences*, 13(2), 126-140. <https://doi.org/10.3390/educsci13020126>
- Moore, T. J., Johnston, A. C. y Glancy, A. W. (2020). STEM integration: A synthesis of conceptual frameworks and definitions. In C.C. Johnson, M. J. Mohr-Schroeder, T. J. Moore, y L. D. English (Eds.), *Handbook of Research on STEM Education* (pp. 3–16). Routledge.
- Niss, M., Blum, W. y Galbraith, P. L. (2007). Introduction. In W. Blum, P. L. Galbraith, W. Henn, y M. Niss (Eds.), *Modeling and Applications of Mathematics* (pp. 3–32). Springer.
- Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. Boletín Oficial del Estado, 52, de 1 de marzo de 2022. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/01/157>
- Schoenfeld, A. (2000). Models of the teaching process. *Journal of Mathematical Behavior*, 18(3), 243-261. [https://doi.org/10.1016/S0732-3123\(99\)00031-0](https://doi.org/10.1016/S0732-3123(99)00031-0)
- Suárez, M. (2002). Algunas reflexiones sobre la investigación-acción colaboradora en educación. *REEC: Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 40-56.
- Tan Sisman, G. y Aksu, M. (2016). A Study on Sixth Grade Students' Misconceptions and Errors in Spatial Measurement: Length, Area, and Volume. *Int J of Sci and Math Educ* 14, 1293–1319. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9642-5>
- Thompson A. (1985). Teachers' conceptions of mathematics and the teaching of problem solving. In Silver E. A., *Teaching and learning mathematical problem solving: Multiple research perspectives* (pp. 281–294). Lawrence Erlbaum.
- Verschaffel, L., Schukajlow, S., Star, J. y Dooren, W. V. (2020). Word problems in mathematics education: a survey. *ZDM Mathematics Education* 52, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01130-4>.