

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y USO DE LA “NEUROAULA”: HACIA UNA CARACTERIZACIÓN DEL ESPACIO EDUCATIVO MATEMÁTICO EN SECUNDARIA

Design, construction and use of the "neuroaula": towards a characterisation of the mathematical educational space in secondary school

Molina-Doblas, B., Sánchez-Cruzado, C. y Sánchez-Compañía, M. T.

Universidad de Málaga

Resumen

Esta comunicación aborda el diseño del espacio educativo como variable de intervención escasamente explorada en la investigación sobre educación matemática en secundaria. A partir del estudio de caso instrumental de la Neuroaula, un aula específica creada en un instituto público, se busca responder qué dimensiones permiten caracterizar un espacio educativo diseñado para favorecer el aprendizaje de las matemáticas en esta etapa. El trabajo relaciona los criterios de diseño y construcción con el análisis cualitativo del uso del espacio para formular una caracterización preliminar. Como resultado, se proponen seis dimensiones interrelacionadas (ambiental, epistémica, cognitiva, emocional, autorreguladora y social) que permiten analizar tanto los elementos físicos del aula como las prácticas, interacciones y significados que configuran su uso didáctico. Esta propuesta constituye un primer marco para el diseño y análisis de espacios educativos matemáticos.

Palabras clave: *caracterización dimensional, cultura de aula, educación secundaria, enfoque ontosemiótico, espacios educativos.*

Abstract

This paper addresses the design of educational space as an intervention variable that remains under-explored in mathematics education research at the secondary level. Drawing on the instrumental case study of the Neuroaula, a classroom specifically created in a public secondary school, the study seeks to identify which dimensions characterise an educational space designed to foster the learning of mathematics at this stage. The paper articulates the design and construction criteria with the qualitative analysis of the use of the space to formulate a preliminary characterisation. As a result, six interrelated dimensions are proposed (environmental, epistemic, cognitive, emotional, self-regulatory and social) that allow the analysis of both the physical elements of the classroom and the practices, interactions and meanings that shape its didactic use. This proposal constitutes an initial framework for the design and analysis of mathematical educational spaces.

Keywords: *classroom culture, dimensional characterisation, educational spaces, onto-semiotic approach, secondary education.*

INTRODUCCIÓN

La competencia matemática constituye un eje vertebrador de la ciudadanía crítica y del desempeño profesional (Ministerio de Educación y Formación Profesional [MEFP], 2020). Sin embargo, los resultados internacionales (PISA 2022) evidencian dificultades significativas en el rendimiento matemático del alumnado español y sitúan el dominio socioafectivo, la ansiedad matemática y la mentalidad de crecimiento como factores determinantes en dicho rendimiento (MEFP, 2023).

La LOMLOE promueve la necesidad de un cambio metodológico que se refleja en las competencias específicas del Real Decreto 217/2022 (MEFP, 2022), reconociendo que hacer matemáticas implica movilizar procesos de interpretación, argumentación, modelización y conexión, con gran protagonismo de la dimensión socioafectiva (MEFP, 2022). Sin embargo, la literatura señala la persistencia de enfoques de aprendizaje instrumentales (González-Marí, 2020) y la investigación reciente evidencia que sigue habiendo un desfase entre el currículo pretendido y el implementado (Beltrán-Pellicer et al., 2023). La gestión de los procesos de enseñanza-aprendizaje se ha articulado tradicionalmente en torno a tres cuestiones: qué, cómo y cuándo enseñar, mientras que el dónde se desarrollan esos procesos ha recibido menor atención. De hecho, muchas aulas actuales mantienen una distribución y un mobiliario similares a los de hace un siglo (Barrett et al., 2015).

Frente a este escenario, la experiencia docente del centro de intervención, el IES Cartima (Málaga), ha puesto de manifiesto que, aun aplicando metodologías activas, los espacios educativos habituales no son suficientes para sostener este tipo de prácticas.

Aunque la literatura ha documentado, principalmente en etapas educativas inferiores, el impacto de la distribución y el mobiliario en el aprendizaje (Imms y Byers, 2017; Trueba, 2015), la investigación sobre espacios específicamente diseñados para el aprendizaje matemático en secundaria es escasa, lo que abre una línea de investigación sobre el papel del espacio educativo en dicho aprendizaje. En este contexto se sitúa la Neuroaula, un espacio diseñado para el aprendizaje de las matemáticas en secundaria a partir de los principios de la neuroeducación, la metodología *Building Thinking Classrooms* y el enfoque *Mathematical Mindset*.

Partiendo de este planteamiento, la presente comunicación pretende responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿qué dimensiones permiten caracterizar un espacio educativo diseñado para favorecer el aprendizaje de las matemáticas en Educación Secundaria? El objetivo general del trabajo es proponer, a partir del estudio de caso de la Neuroaula, una caracterización dimensional del espacio educativo matemático. De manera más específica, se plantean los siguientes objetivos: (1) describir el proceso de diseño y construcción de la Neuroaula e identificar los criterios que orientaron su diseño; (2) analizar el uso del espacio a partir de los datos cualitativos recopilados; (3) proponer, a partir del análisis cruzado de los criterios de diseño, de los datos de uso y de la literatura previa, una caracterización dimensional preliminar del espacio educativo matemático.

MARCO TEÓRICO

El espacio educativo se concibe como un sistema integrado de elementos físicos y no físicos (sociales, cognitivos y culturales) que media en los procesos de aprendizaje (Godino et al., 2003). La literatura sobre diseño de espacios educativos ha documentado que factores físico-sensoriales como la iluminación, la temperatura, la acústica y la paleta cromática inciden en la concentración, la motivación y el rendimiento del alumnado (Barrett et al., 2015), y que el alumnado en aulas con disposición flexible obtiene mejores resultados en matemáticas que el que trabaja en aulas con disposición tradicional (Imms y Byers, 2017). Trueba (2015) y Guillén (2017), desde perspectivas vinculadas al entorno educativo y a la neuroeducación, sostienen que el entorno físico influye en la forma en que el alumnado piensa, interactúa y participa en el aula.

En el ámbito de la didáctica de la matemática, los Criterios de Idoneidad Didáctica del Enfoque Ontosemiótico (EOS) (Godino et al., 2006) constituyen un referente consolidado para valorar procesos de instrucción matemática, que articulan seis idoneidades parciales (epistémica, cognitiva, interaccional, mediacional, emocional y ecológica). Este modelo se ha tomado como punto de partida para el diseño y la caracterización del objeto de estudio. Dado que la presente propuesta caracteriza espacios y no procesos, las dimensiones aquí propuestas no replican las idoneidades del EOS y se construyen en diálogo crítico con él.

Más allá de sus condiciones físicas, el espacio educativo forma parte de la cultura de aula. Esta cultura incluye metodologías de enseñanza, prácticas discursivas, tipos de tareas, interacciones, organización y uso del espacio, selección de materiales y formas de evaluación que estructuran la experiencia matemática del alumnado (Barrett et al., 2015; Boaler, 2016). Esto lleva a analizar la literatura existente en torno a dichos elementos con especial atención al dominio socioafectivo.

Di Martino y Zan (2010) caracterizan este dominio mediante un modelo tridimensional (disposición emocional, visión de las matemáticas y competencia percibida), coherente con la observación de Watson y Mason (1998) de que las experiencias en el aula matemática definen las creencias del alumnado. La evidencia reciente documenta que el paso de un enfoque instrumental a uno relacional incrementa la competencia percibida y genera emociones positivas (Martínez-Juste et al., 2025; Boaler, 2016). Algunas propuestas materializan estos principios en el aula matemática mediante entornos que favorecen la interacción, el pensamiento visible y el trabajo cooperativo (Liljedahl, 2020; Johnson y Johnson, 1999). Dichas propuestas se relacionan con procesos relevantes para el aprendizaje matemático, como la metacognición y la retroalimentación basada en el error, pilares del aprendizaje identificados por la neuroeducación (Dehaene, 2020; Schoenfeld, 1992). La investigación reciente sobre el dominio socioafectivo en didáctica de las matemáticas ha señalado la necesidad de profundizar, mediante aproximaciones cualitativas, en los mecanismos emocionales que operan en el discurso del aula (Rodríguez-Barreto y García-Alonso, 2025). A pesar de estas aportaciones, siguen existiendo pocas investigaciones centradas en la caracterización de espacios educativos específicamente diseñados para favorecer el aprendizaje matemático en Educación Secundaria.

MARCO METODOLÓGICO

El presente trabajo es un estudio de caso cualitativo, descriptivo y exploratorio, sobre el diseño, construcción y uso de la Neuroaula. Se enmarca como un caso instrumental: el interés no reside en la Neuroaula en sí, sino en su capacidad para responder a una cuestión teórica más amplia, la caracterización dimensional de los espacios educativos matemáticos. El sujeto del estudio es el espacio Neuroaula y el objeto lo constituyen las dimensiones que lo caracterizan (Cohen et al., 2018).

El estudio se desarrolla en tres fases: un proyecto previo de innovación que motivó la idea de la Neuroaula (curso 2022/23), el diseño y construcción del espacio con un primer pilotaje en 1.º de ESO (curso 2023/24), y la ampliación de su uso a un grupo de 1.º de ESO, de la que se reportan los datos de esta comunicación (curso 2024/25). El triple rol simultáneo de la docente-investigadora (diseñadora del espacio, docente e investigadora principal) constituye la reflexividad como criterio metodológico explícito (Cohen et al., 2018).

Participantes y contexto

El estudio se desarrolla en el IES Cartima (Málaga), centro público de Educación Secundaria referente en innovación educativa en su comunidad autónoma. Participa un grupo de estudiantes de 1.º de ESO ($n = 29$). Como parte del proyecto de Comunidad de Aprendizaje al que está adscrito el centro, se constituyó una comisión mixta formada por la docente-investigadora, la jefa del Departamento de Matemáticas, representantes de las familias y del alumnado, y el Área de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Málaga, para el diseño y la implementación de la Neuroaula. Participaron, además, una docente en codocencia, cuatro estudiantes en prácticas como observadores externos y las familias del alumnado participante en el grupo focal.

Instrumentos de recogida de datos

En este trabajo se utilizaron diferentes instrumentos cualitativos que permiten la triangulación de la información: (1) registros de observación externa realizados por estudiantes en prácticas en distintos momentos del curso; (2) diario de investigación; (3) dos grupos focales, uno con 10 estudiantes seleccionados por criterios de heterogeneidad, y un grupo focal con las familias del alumnado participante; (4) producciones escritas del alumnado en respuesta a dos preguntas semiestructuradas:

"¿qué se te viene a la cabeza cuando piensas en matemáticas?" y "¿qué emociones sientes cuando realizas una tarea de matemáticas?", recogidas a principio y final del curso y analizadas mediante nubes de palabras y análisis temático.

RESULTADOS

Para dar respuesta a los objetivos específicos del estudio, los resultados se organizan en tres apartados: (a) análisis del proceso de diseño y criterios identificados, (b) evidencias preliminares del uso del espacio y (c) propuesta de caracterización dimensional del espacio educativo matemático.

Análisis del proceso de diseño y construcción: criterios identificados

En relación con el primer objetivo, se describen los criterios del proceso de diseño y construcción desarrollado entre 2022 y 2023, en el marco del proyecto EduCaixa. El aula se ubica en un módulo auxiliar del centro, de 49 m² con aire acondicionado, proyector y barra de sonido. El mobiliario base incluye 16 mesas blancas rectangulares con ruedas y 32 sillas de colores vivos.

El primer criterio busca generar las condiciones físico-sensoriales que favorecen la atención sostenida y el bienestar del alumnado (Barrett et al., 2015; Guillén, 2017; Trueba, 2015): iluminación natural, regulación térmica, paleta cromática que combina blanco con colores vivos, decoración de inspiración natural y accesibilidad de los materiales.

El segundo persigue una visión procesual de las matemáticas que normalice el error (Boaler, 2016; Watson y Mason, 1998): cartelería con autoinstrucciones y mensajes de mentalidad de crecimiento, prácticas basadas en preguntas abiertas y orientadas al proceso, y aprendizaje basado en proyectos.

El tercero se orienta a visibilizar el pensamiento matemático mediante superficies verticales para el razonamiento colectivo (Liljedahl, 2020): pizarras verticales borrables en todas las paredes del aula, mesas con vinilo transparente como superficies de escritura, una pizarra magnética principal de gran tamaño (302 × 122 cm) y trípodes para la grabación de razonamientos, junto con tareas de suelo bajo y techo alto, conversaciones numéricas, repasos activos y aprendizaje por descubrimiento.

El cuarto criterio atiende al dominio afectivo y a la identidad matemática (Di Martino y Zan, 2010; Martínez-Juste et al., 2025): cartelería para la superación de bloqueos y espacios de exposición de los trabajos, junto con prácticas de retroalimentación formativa orientadas al crecimiento, a la celebración del error y del proceso, y un lenguaje docente intencionado.

El quinto busca visibilizar los procesos metacognitivos y orientar la autorregulación, conforme a los pilares neuroeducativos del aprendizaje profundo (Dehaene, 2020): semáforos metacognitivos, paneles de autoinstrucciones, zona de recursos de acceso autónomo, rúbricas y mapas de aprendizaje, temporizadores Pomodoro y protocolos de metacognición.

Por último, se pretende sostener estructuras cooperativas que favorezcan la interdependencia positiva (Johnson y Johnson, 1999): mobiliario flexible, zona de recursos compartidos por equipo, documentación colectiva, tutoría entre iguales y normas de aula compartidas.

Figura 1

Fases del diseño y la construcción de la Neuroaula: estado inicial, propuesta de diseño y resultado final



Nota. Elaboración propia.

Evidencias preliminares del uso del espacio

Respondiendo al segundo objetivo, el análisis cualitativo de los datos obtenidos, mediante los instrumentos citados previamente, sobre el uso del espacio en el curso 2024/25 aporta evidencias preliminares de la transformación de la cultura de aula matemática. Estas evidencias se organizan en torno a las idoneidades del EOS (Godino et al., 2006), herramienta consolidada para valorar procesos de instrucción matemática. El análisis muestra, además, que algunas de las transformaciones observadas en la Neuroaula no coinciden plenamente con las idoneidades existentes, lo que motiva la propuesta que se desarrolla en el apartado siguiente.

Respecto a la idoneidad epistémica, las evidencias documentan una transformación en la visión que el alumnado tiene de las matemáticas. En el grupo focal aparecen expresiones como "las matemáticas no son solo hacer cuentas", "ahora hay muchas formas de resolver un problema" o "si entiendes el porqué, no se te olvida", propias de una concepción menos procedimental y más relacional de la disciplina. En las producciones escritas, se observa el paso de un vocabulario asociado a lo procedimental al inicio del curso ("números", "cálculos", "operaciones") a uno asociado a lo relacional en las producciones finales ("pensar", "estimar", "comprender"). Las familias señalan, igualmente, cambios en la manera en que el alumnado habla de las matemáticas en los hogares, destacando la búsqueda de comprensión y de sentido frente a la repetición mecánica.

En el plano cognitivo, el alumnado del grupo focal menciona reiteradamente el uso de pizarras verticales, mesas con superficies de escritura y materiales manipulativos como elementos que facilitan la explicación de razonamientos y la representación gráfica de ideas matemáticas, en expresiones como "poder escribir en las mesas o en las paredes" o "con el material manipulativo lo entiendo mejor". El diario documenta, además, un uso cada vez más autónomo y espontáneo de estos recursos a lo largo del curso.

La idoneidad interaccional se evidencia mediante los registros de observación externa y el diario, que documentan una mayor disposición del alumnado a exponer razonamientos públicamente, a preguntar y a participar en tareas cooperativas, con menos distracciones, incluso entre el alumnado que inicialmente se mostraba más pasivo. En el grupo focal, el trabajo cooperativo aparece con un peso significativo como práctica valorada por el alumnado.

En el plano emocional, las evidencias apuntan a una transformación del clima afectivo del aula: en el grupo focal se observa una reducción del miedo al error ("si te equivocas, te crece el cerebro") y una percepción más positiva de la propia competencia matemática, cambios que las familias confirman tanto en la actitud como en la disposición del alumnado hacia la materia.

Por último, el diseño del espacio se enmarca en el proyecto educativo del centro y se ajusta a las directrices curriculares, lo que permite justificar la idoneidad ecológica, pero no constituye una propiedad interna del mismo sino un requisito de validez.

Más allá de estas idoneidades, el análisis recoge dos conjuntos de transformaciones que el EOS no aborda de manera específica. Por un lado, las referencias del alumnado al clima físico-sensorial del aula: reacciones espontáneas como "no parece una clase" o "así sí da gusto estudiar", la solicitud reiterada del uso del espacio en horas no lectivas y la emergencia de "tranquilidad" como término dominante en las producciones escritas finales, que apuntan a una transformación del entorno que, si bien conecta parcialmente con la idoneidad mediacional, opera con independencia de la actividad matemática concreta. Por otro lado, el alumnado verbaliza procesos metacognitivos y de gestión autónoma del aprendizaje, en expresiones como "si no lo sabes, piensas qué significa, lo dibujas, miras las chuletas (esquemas recordatorios) y, si tampoco, preguntas a un compañero", que, aunque conectan con la idoneidad emocional, trascienden ese plano al implicar una gestión cognitiva del aprendizaje.

Propuesta de caracterización dimensional del espacio educativo matemático

El tercer objetivo se responde mediante el análisis cruzado de los resultados anteriores, que permite distinguir seis dimensiones que caracterizan, de forma preliminar, el espacio educativo matemático (ver Tabla 1). En cada una se distinguen elementos físicos y no físicos (Godino et al., 2003).

La dimensión ambiental concierne a la disposición atencional, el confort y el bienestar del alumnado, con independencia de la actividad matemática concreta, y considera factores físico-sensoriales como la iluminación, la temperatura, la acústica y la paleta cromática (Barrett et al., 2015; Trueba, 2015; Guillén, 2017).

La dimensión epistémica agrupa los elementos del espacio que comunican qué es saber matemáticas y qué significa hacer matemáticas, condicionando las creencias del alumnado sobre la disciplina (Watson y Mason, 1998), línea desarrollada por la mentalidad matemática y la normalización del error (Boaler, 2016).

La dimensión cognitiva se ocupa de los procesos de pensamiento y razonamiento que el espacio activa y sostiene, en línea con las propuestas que sitúan la visibilización del pensamiento como condición central del aprendizaje (Liljedahl, 2020) y con los pilares neuroeducativos del aprendizaje profundo (Dehaene, 2020).

Las tres dimensiones siguientes (emocional, autorreguladora y social) se inscriben en el dominio socioafectivo ya señalado, pero requieren diferenciación por la forma específica en que el espacio las materializa. La dimensión emocional se ocupa de los elementos que promueven la regulación afectiva, la disposición ante la ansiedad matemática, la identidad matemática y la motivación hacia la disciplina (Di Martino y Zan, 2010; Boaler, 2016; Martínez-Juste et al., 2025). La autorreguladora favorece la gestión autónoma del aprendizaje, alineada con los principios de la neuroeducación (Dehaene, 2020) y con la metacognición, componente central de la actividad matemática (Schoenfeld, 1992). La dimensión social integra los elementos que estructuran los pilares del aprendizaje cooperativo (Johnson y Johnson, 1999) y de la metodología *Thinking Classroom* que organiza la actividad matemática en grupos reducidos sobre superficies verticales (Liljedahl, 2020).

La relación de esta propuesta con los seis criterios de idoneidad del EOS no es directa, ya que ambas aproximaciones parten de unidades de análisis distintas: el EOS valora procesos de instrucción matemática, mientras que esta propuesta caracteriza el espacio.

Desde esta diferencia, algunas dimensiones mantienen puntos de contacto claros con el EOS, pero se reformulan para adaptarse al uso didáctico del aula. Tres de las dimensiones coinciden nominalmente (epistémica, cognitiva, emocional), pero operan en planos distintos, al caracterizar elementos del espacio en lugar de procesos de instrucción. La dimensión social amplía la idoneidad interaccional al incorporar las estructuras y dinámicas cooperativas que el espacio facilita. La dimensión ambiental reformula parcialmente la idoneidad mediacional al incorporar condiciones físico-sensoriales que el EOS no contempla explícitamente. Se incorpora la dimensión autorreguladora que constituye una aportación específica vinculada a la metacognición y a la gestión autónoma del aprendizaje.

Finalmente, no se incorpora la dimensión ecológica, que el EOS sitúa en el ajuste con el proyecto educativo y el marco curricular: opera como criterio de validez del diseño, no como una dimensión interna del espacio resultante. En la Tabla 1 se resume la caracterización dimensional preliminar del espacio educativo matemático que mejora la cultura de aula.

Tabla 1

Caracterización de los espacios educativos matemáticos que mejoran la cultura de aula

Dimensión	Elementos físicos	Elementos no físicos
Ambiental	Iluminación natural, temperatura regulada, paleta cromática natural con colores vivos,	-

	disposición armónica, accesibilidad de materiales, temporizador de aula	
Epistémica	Cartelería con mensajes de mentalidad matemática y de crecimiento	Preguntas abiertas, normalización del error, proyectos, evaluación formativa
Cognitiva	Pizarras verticales borrables, mesas con vinilo transparente, materiales manipulativos, trípodes para grabación	Tareas de suelo bajo y techo alto, conversaciones numéricas, repasos activos, Thinking Classroom
Emocional	Cartelería orientada a la superación de bloqueos en matemáticas, espacios de exposición de trabajos	Celebración del error y del proceso, retroalimentación formativa orientada al crecimiento, lenguaje docente
Autorreguladora	Semáforos metacognitivos, paneles de autoinstrucciones en mesas, zona de recursos autónomos, rúbricas y mapas de aprendizaje, registro de errores, relojes pomodoro	Protocolos de metacognición, registro sistemático de errores como práctica habitual, trabajo multinivel
Social	Mobiliario flexible, zona de recursos de equipo, documentación colectiva	Aprendizaje cooperativo, tutoría entre iguales, normas de aula compartidas

Nota. Elaboración propia.

CONCLUSIONES

En respuesta a la pregunta de investigación, este trabajo ha permitido formular una propuesta preliminar de seis dimensiones interrelacionadas (ambiental, epistémica, cognitiva, emocional, autorreguladora y social) para configurar la cultura de aula matemática y ofrecer un primer marco conceptual para analizar y diseñar espacios educativos matemáticos en secundaria. La propuesta dialoga con los Criterios de Idoneidad Didáctica del EOS (Godino et al., 2006), de los que se diferencia en la unidad de análisis: procesos de instrucción frente a espacios educativos.

Los resultados sugieren que determinados elementos del entorno, como la flexibilidad espacial, las superficies de pensamiento visible, la normalización del error o los recursos de autorregulación, pueden contribuir a transformar las prácticas matemáticas y la participación del alumnado.

El estudio presenta limitaciones derivadas de su carácter exploratorio, del análisis de un único contexto educativo y del triple rol de la docente-investigadora (diseñadora, docente e investigadora), lo que requerirá profundizar en mecanismos de validación externa. Los hallazgos no pretenden ser generalizables, sino ofrecer una propuesta preliminar útil para analizar otros espacios educativos matemáticos (Cohen et al., 2018) y orientar su diseño o su mejora. Futuras investigaciones podrán concretar indicadores para cada dimensión, analizar su adaptación a otros contextos educativos y profundizar en el diálogo con el EOS, explorando cómo el ámbito de la idoneidad ecológica condiciona el diseño y la materialización de dichas dimensiones.

Como conclusión, para responder a la pregunta sobre dónde desarrollar los procesos de enseñanza-aprendizaje, en este trabajo el espacio cobra protagonismo como un elemento que condiciona las formas de interacción, razonamiento y construcción de significado en el aula.

Agradecimientos

Investigación ha sido realizada con fondos de la Fundación “La Caixa” en el marco del programa EduCaixa.

Referencias

Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y. y Barrett, L. (2015). The impact of classroom design on pupils’ learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. *Building and Environment*, 89, 118-133. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.013>

- Beltrán-Pellicer, P., Martínez-Juste, S. y Muñoz-Escolano, J. M. (2023). Explorando el hueco entre el currículo pretendido y el implementado: percepciones de docentes en formación y en activo. En C. Jiménez-Gestal, A. A. Magreñán, E. Badillo y P. Ivars (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVI* (pp. 97–112). SEIEM.
- Boaler, J. (2016). Designing mathematics classes to promote equity and engagement. *The Journal of Mathematical Behavior*, 41, 172-178. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2015.01.002>
- Cohen, L., Manion, L. y Morrison, K. (2018). *Research methods in education* (8.ª ed.). Routledge.
- Dehaene, S. (2020). *How we learn: Why brains learn better than any machine... for now*. Viking.
- Di Martino, P. y Zan, R. (2010). “Me and maths”: Towards a definition of attitude grounded on students’ narratives. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 13(1), 27-48. <https://doi.org/10.1007/s10857-009-9134-z>
- Godino, J. D., Batanero, C. y Font, V. (2003). *Fundamentos de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas para maestros*. Universidad de Granada.
- Godino, J. D., Bencomo, D., Font, V. y Wilhelmi, M. R. (2006). Análisis y valoración de la idoneidad didáctica de procesos de estudio de las matemáticas. *Paradigma*, 27(2), 221-252.
- González-Marí, J. L. (2020). Claves para una educación matemática humanista. *Uno*, 88, 49-59.
- Guillén, J. C. (2017). *Neuroeducación en el aula: De la teoría a la práctica*. CreateSpace.
- Imms, W. y Byers, T. (2017). Impact of classroom design on teacher pedagogy and student engagement and performance in mathematics. *Learning Environments Research*, 20(1), 139-152. <https://doi.org/10.1007/s10984-016-9210-0>
- Johnson, D. W. y Johnson, R. T. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Paidós.
- Liljedahl, P. (2020). *Building thinking classrooms in mathematics, grades K-12: 14 teaching practices for enhancing learning*. Corwin Press.
- Martínez-Juste, S., Beltrán-Pellicer, P., Siaba-Lestón, M. J. y Morales-Ordóñez, G. (2025). Evolución de la actitud hacia las matemáticas de alumnado de primaria tras cambios en la cultura de aula. *RIFOP*, 39(2), 21-34. <https://doi.org/10.47553/rifop.v39i2.114622>
- Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2020). Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, 340, de 30 de diciembre de 2020. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3>
- Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2022). Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín Oficial del Estado*, 76, de 30 de marzo de 2022. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217>
- Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2023). *PISA 2022. Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes. Informe español*. Instituto Nacional de Evaluación Educativa.
- Rodríguez-Barreto, C. y García-Alonso, I. (2025). Análisis del dominio afectivo en la SEIEM: tendencias y retos. En M. Burgos, M. C. Cañadas, J. M. Marbán e I. Polo-Blanco (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVIII* (pp. 381-388). SEIEM.
- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense-making in mathematics. En D. Grouws (Ed.), *Handbook for Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 334–370). MacMillan.
- Trueba, B. (2015). *Espacios en armonía: Propuestas de actuación en ambientes para la infancia*. Octaedro.
- Watson, A. y Mason, J. (1998). *Questions and prompts for mathematical thinking*. Association of Teachers of Mathematics.