

[T1] Las matemáticas al centro en una propuesta de educación STEM en primaria

[T1] Mathematics takes center stage in a STEM education proposal for primary schools

Yudi Andrea Ortiz Rocha¹

Cómo citar / How to cite?:

Ortiz Rocha, Y. A. (2025). Las matemáticas al centro en una propuesta de educación STEM en primaria. *Memorias del IX Congreso Internacional en Innovación Educativa: Educar sin límites*, 3(3), XX. <https://doi.org/10.24015/1135.2025.3.3.XX>

[T2] Resumen

Este trabajo² presenta una propuesta didáctica orientada al desarrollo del razonamiento espacial (este como parte del razonamiento matemático) en niños de 6 a 8 años, mediante una secuencia de actividades de educación STEM. El estudio se enmarca en un enfoque cualitativo de Investigación Basada en Diseño (IBD), implementado en dos ciclos de experimentación con estudiantes de tercer grado: uno en modalidad virtual (por pandemia) y otro presencial. Las actividades diseñadas, organizadas en cuatro módulos, promueven el tránsito entre micro-, meso- y macroespacios, integrando recursos manipulables y digitales (Google Maps, Sweet Home 3D, Scratch, entre otros). La propuesta se sustenta en los aportes teóricos de Davis et al. (2015) sobre el razonamiento espacial y la clasificación de los tamaños del espacio propuesta por Gálvez (1985). Las actividades fomentaron habilidades como la toma de perspectiva, la visualización tridimensional, la estimación de proporciones y la traducción entre dimensiones. A pesar de los desafíos derivados del contexto pandémico, se evidenció el

¹ Doctora en Ciencias con Especialidad en Matemática Educativa: Docente adscrita a la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad La Gran Colombia. Correo-e: yudi.ortiz@ugc.edu.co; CvLAC: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001558931; Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1831-1037>

² El contenido de este documento forma parte de mi proyecto doctoral, el cual fue construido en colaboración con mis asesoras, Ivonne Sandoval y Ana Isabel Sacristán.

potencial de las actividades en educación STEM para generar aprendizajes significativos desde edades tempranas. Este trabajo contribuye con lineamientos para el diseño de trayectorias de aprendizaje interdisciplinarias, contextualizadas y centradas en el desarrollo del pensamiento espacial en la educación básica.

Palabras clave: educación primaria, educación STEM, razonamiento espacial, sismos.

[T2] Abstract

This paper presents a teaching proposal aimed at developing spatial reasoning (as part of mathematical reasoning) in children aged 6 to 8 years old, through a sequence of STEM education activities. The study is part of a qualitative Design-Based Research (DBR) approach, implemented in two cycles of experimentation with third-grade students: one in virtual mode (due to the pandemic) and the other in person. The activities, organized into four modules, promote the transition between micro-, meso-, and macro-spaces, integrating manipulable and digital resources (Google Maps, Sweet Home 3D, Scratch, among others). The proposal is based on the theoretical contributions of Davis et al. (2015) on spatial reasoning and the classification of space sizes proposed by Gálvez (1985). The activities fostered skills such as perspective taking, three-dimensional visualization, estimation of proportions, and translation between dimensions. Despite the challenges arising from the pandemic context, the potential of STEM education activities to generate meaningful learning from an early age was evident. This work contributes guidelines for the design of interdisciplinary, contextualized learning trajectories focused on the development of spatial thinking in basic education.

Keywords: spatial reasoning, STEM education, primary education, earthquakes.

[T2] La necesidad de promover el desarrollo del razonamiento espacial

El razonamiento espacial es una capacidad cognitiva esencial que permite a los estudiantes interpretar, representar y transformar objetos en el espacio. Su desarrollo desde edades tempranas es fundamental, ya que influye directamente en el aprendizaje de las matemáticas y otras áreas del conocimiento (Lowrie et al., 2018). No obstante, investigaciones indican que estas habilidades rara vez se enseñan en los primeros años

de escolaridad (Verdine et al., 2017), y cuando se abordan, se hace desde una geometría tradicional que no favorece la construcción significativa de relaciones espaciales (Freudenthal, 2002). A pesar de que los currículos escolares reconocen su importancia, como ocurre en varios países latinoamericanos (SEP, 2016a), el análisis de materiales didácticos muestra una escasa presencia de actividades orientadas al desarrollo del razonamiento espacial (Ortiz, 2018). Esto evidencia la necesidad urgente de generar propuestas de actividades, más allá de asumir que estas habilidades ya están desarrolladas, ofrezcan experiencias concretas que permitan a los estudiantes construirlas activamente.

[T2] La educación STEM y su importancia en la inclusión de propuestas educativas

El enfoque educativo STEM ha sido impulsado por la necesidad de formar ciudadanos capaces de enfrentar retos sociales, tecnológicos y ambientales del siglo XXI (Honey et al., 2014). Sin embargo, su implementación enfrenta dificultades debido a la variedad de formas en que se interpreta e integra: desde enfoques disciplinares hasta modelos transdisciplinares enfocados en la resolución de problemas reales (English, 2016). A pesar del impulso global, muchas propuestas se centran únicamente en una o dos áreas, siendo escasos los trabajos que logran una integración equilibrada de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (English, 2016; Bergsten y Frejd, 2019). En educación primaria, esta situación es aún más crítica, pues la mayoría de las investigaciones en educación STEM se desarrollan en secundaria o educación superior. Por ello, es fundamental diseñar e investigar propuestas concretas que, desde edades tempranas, integren de manera significativa estas disciplinas (Woolcott et al., 2020).

[T2] El potencial de las actividades STEM para desarrollar el razonamiento espacial

Las actividades STEM pueden ser un medio poderoso para fomentar el desarrollo del razonamiento espacial. Cuando estas actividades implican movimiento corporal, uso de materiales manipulables o digitales y tareas de representación, permiten a los niños explorar, construir y transformar ideas espaciales de manera significativa (Duijzer et al., 2019; Davis et al., 2015). Experiencias como el uso de robots, diseño de planos, simuladores o actividades Maker, no solo desarrollan habilidades como la visualización

y la rotación mental, sino que fortalecen la comprensión de conceptos STEM en contextos reales (Sabena, 2018; Landsiedel et al., 2017; Hatzigianni et al., 2021). Así, promover el razonamiento espacial a través de actividades STEM puede contribuir a una educación más integral, equitativa y pertinente para los desafíos actuales.

Considerando la importancia del razonamiento espacial en la educación STEM y la pertinencia del diseño de actividades desde educación básica, nos preguntamos por: ¿Cómo fomentar el desarrollo de habilidades de razonamiento espacial a través de actividades STEM, en niños de 6-8 años?

En respuesta a la pregunta planteada, consideramos como una vía posible la exploración de los micro-, meso- y macroespacios, así como el tránsito entre ellos, en el contexto del fenómeno de los sismos (contexto en educación STEM). Comprender cualquier fenómeno natural —como tsunamis, sismos o el cambio climático— requiere interpretar representaciones visuales que remiten a realidades físicas, lo cual implica realizar cambios de dimensión: desde una imagen bidimensional (2D) hacia su correspondencia en el espacio físico tridimensional (3D).

T2 Comprensión del espacio y razonamiento espacial desde edades tempranas

La presente investigación se sustenta en la conceptualización de distintos tamaños del espacio, conforme a la propuesta de Gálvez (1985), quien distingue tres dimensiones espaciales según la interacción del sujeto: el microespacio, accesible y manipulable directamente; el mesoespacio, percibido desde puntos de referencia pero no manipulable; y el macroespacio, cuya comprensión requiere desplazamientos extensos o el uso de representaciones como mapas o vistas aéreas. Esta clasificación permite analizar cómo los niños se relacionan cognitivamente con el entorno físico a diferentes escalas.

En cuanto al razonamiento espacial, se adopta la perspectiva de Davis y el Spatial Reasoning Study Group (2015), quienes lo entienden como un sistema compuesto por elementos, acciones y competencias emergentes. Este sistema incluye dimensiones cognitivas (comprensión) y físicas (transformación del espacio), representadas a través de acciones tales como (de)construir, situar, interpretar, sentir, alterar y mover. Estas

acciones se vinculan dinámicamente con competencias emergentes como la proyección, el diseño y la elaboración de mapas.

Teóricamente, se integran aportes de diversos autores (e.g., Battista y Clements, 1996; Liben y Downs, 1989; Uttal, 2000; Chamorro, 2003), quienes destacan la relevancia de la percepción, la visualización, la estructuración espacial y el uso del lenguaje para desarrollar el pensamiento espacial. En este marco, la elaboración de representaciones (por ejemplo, rutas de evacuación) se considera una manifestación clave del razonamiento espacial, en tanto evidencia la capacidad del estudiante para conceptualizar, transformar y comunicar su comprensión del espacio.

[T2] Investigación basada en el diseño en un contexto de educación STEM

Esta investigación adopta un enfoque cualitativo enmarcado en la Investigación Basada en Diseño (IBD), a través de un experimento de enseñanza (Cobb y Gravemeijer, 2008) desarrollado en dos ciclos. Cada ciclo siguió las fases de preparación, experimentación y análisis retrospectivo. En el primer ciclo participaron 16 estudiantes de tercer grado de primaria bajo modalidad virtual, mientras que en el segundo, 56 estudiantes participaron de forma presencial, con asistencia variable por sesión. En ambos ciclos, una investigadora-docente implementó las actividades diseñadas en la Trayectoria Hipotética de Aprendizaje (THA), acompañada por dos investigadoras observadoras. La THA se refinó entre ciclos con base en los resultados obtenidos, permitiendo ajustar y profundizar las actividades para fortalecer el desarrollo del razonamiento espacial mediante prácticas contextualizadas en STEM.

La propuesta se organizó en cuatro módulos: el primero se centró en contextualizar el fenómeno de los sismos, incluir representaciones de capas terrestres y construir sismógrafos; el segundo abordó la solidez de edificaciones, planos de evacuación y el uso de tecnologías como Sweet Home 3D y LightBot; el tercero enfocó el reconocimiento del entorno escolar y la identificación de zonas seguras; y el cuarto, la elaboración colaborativa de un plano de evacuación de la escuela en la que estudiaban. Las actividades integraron el uso de recursos manipulables y digitales (Google Maps, Scratch), promoviendo el tránsito entre representaciones bidimensionales y tridimensionales, así como la medición y representación de diferentes escalas

espaciales. La metodología permitió observar y analizar el desarrollo de habilidades de razonamiento espacial como (de)construir, situar, interpretar y tomar perspectiva, promoviendo aprendizajes significativos a partir de contextos reales.

[T2] Del plano al espacio: desarrollo del razonamiento espacial a través de actividades sobre sismos

Las actividades diseñadas en torno al fenómeno de los sismos promovieron el desarrollo de diversas habilidades de razonamiento espacial en estudiantes de primaria. A través de representaciones bidimensionales, construcciones físicas y simulaciones, los alumnos lograron transitar entre el micro-, meso- y macroespacio, articulando conceptos abstractos con experiencias concretas. Una de las primeras habilidades que se observó fue la toma de perspectiva, desarrollada al interpretar fotografías de paisajes afectados por sismos. Los estudiantes construyeron sistemas de referencia egocéntricos, intrínsecos y alocéntricos al analizar el punto de vista desde el cual se tomaron las imágenes, estimando distancias, alturas y posiciones relativas. Este ejercicio los llevó a imaginarse en el lugar del fotógrafo o a razonar desde fuera de la escena, estableciendo relaciones espaciales complejas.

Otro componente central fue la representación tridimensional de conceptos geológicos abstractos. La actividad de construir modelos de las capas de la Tierra usando granos, a partir de imágenes, exigió a los estudiantes establecer proporciones entre representaciones bidimensionales y materiales físicos, comparando grosores, ordenando capas y reconociendo la estructura invisible del planeta. Esta actividad fomentó habilidades como composición de objetos, estimación de proporciones y visualización de estructuras no observables directamente, vinculando lo abstracto con lo tangible.

La construcción del sismógrafo introdujo habilidades vinculadas a la ingeniería y al razonamiento espacial aplicado. Los estudiantes debían organizar materiales según sus propiedades y funciones para lograr el equilibrio del dispositivo. Este proceso implicó imaginar el funcionamiento del sistema completo (pensamiento sistémico), prever relaciones entre materiales (e.g., tensión del hilo, peso de la plastilina) y ajustar las estructuras para que la pluma registrara trazos legibles. La prueba del dispositivo

mediante la simulación de un sismo permitió a los niños relacionar movimientos tridimensionales con trazos bidimensionales, lo que desarrolló su habilidad para cambiar de dimensión y traducir representaciones entre sistemas.

En las actividades sobre estabilidad de edificaciones, los estudiantes construyeron estructuras con palillos y plastilina sobre bases de gelatina. Esta experiencia exigió establecer relaciones entre forma, altura y estabilidad, evaluando cómo las dimensiones y la distribución de materiales afectaban la resistencia de las construcciones frente a movimientos. Reflexionaron sobre variables como la profundidad del soporte (palillos en la gelatina), la solidez de la base y la altura de la edificación, desarrollando una comprensión integrada del equilibrio estructural y del espacio tridimensional aplicado.

Finalmente, la actividad de relaciones distancia-tiempo utilizando Google Maps permitió a los estudiantes visualizar rutas entre su casa y la escuela, calcular distancias y tiempos estimados de recorrido, y comparar esas escalas con fenómenos geológicos. Se promovió así la capacidad de relacionar unidades espaciales y temporales, comparar escalas y visualizar ubicaciones desde una perspectiva superior. Al discutir profundidades de la Tierra en relación con distancias familiares, los estudiantes articularon representaciones de macroespacios con sus vivencias cotidianas, lo que reforzó su habilidad para dimensionar espacios no accesibles directamente.

En conjunto, las actividades STEM diseñadas fomentaron un desarrollo integral del razonamiento espacial, combinando exploración visual, manipulación de materiales, uso de tecnologías digitales y reflexión conceptual. Este abordaje permitió que los estudiantes interpretaran, construyeran y transformaran el espacio de maneras significativas, evidenciando progresos en habilidades como toma de perspectiva, visualización espacial, razonamiento proporcional, composición estructural y cambios de dimensión (2D-3D). Estas habilidades no solo fortalecen la comprensión científica del fenómeno de los sismos, sino que también constituyen competencias fundamentales para el pensamiento geométrico y el aprendizaje en contextos interdisciplinarios.

[T2] Implementación de la THA en tiempos de pandemia: retos, adaptaciones y aprendizajes en educación primaria

La implementación de la Trayectoria Hipotética de Aprendizaje (THA) enfrentó desafíos sustanciales en ambos ciclos de experimentación, profundamente marcados por los efectos de la pandemia de Covid-19. En el primer ciclo, la transición obligada a sesiones sincrónicas en línea limitó no solo la participación sostenida de los estudiantes, sino también la aplicabilidad del diseño original, que contemplaba interacciones presenciales. La baja conectividad, la necesaria intervención de los padres y el formato digital afectaron la autonomía de los niños y dificultaron la evaluación directa de sus habilidades de razonamiento espacial. A pesar de ello, las evidencias recogidas durante las sesiones reflejan procesos de pensamiento espacial emergentes, especialmente en la construcción de sistemas de referencia e interpretación de representaciones. Esta experiencia permitió identificar ajustes necesarios en la THA, incorporando actividades de medición y estimación en espacios manipulables que sirvieran como puente hacia la comprensión de meso- y macroespacios.

En el segundo ciclo, la reincorporación paulatina a la presencialidad reveló nuevas complejidades: estudiantes con escasa experiencia en dinámica escolar presencial, bajo nivel lector y dificultades para socializar. Estas condiciones exigieron adaptar las actividades y formas de evaluación, reconociendo el papel clave del acompañamiento docente y la necesidad de recursos tecnológicos funcionales. Pese a estas limitaciones, las actividades prácticas y el uso de recursos manipulables generaron un entorno de aprendizaje significativo, donde los estudiantes asumieron roles activos, cercanos a los de ingenieros o científicos. Esta experiencia refuerza la necesidad de considerar las variables contextuales del aula y ofrece lineamientos valiosos para el diseño, evaluación y adaptación de trayectorias de aprendizaje en contextos reales y desafiantes.

[T2] Referencias

Battista, M. T. y Clements, D. H. (1996). Students' understanding of three-dimensional rectangular arrays of cubes. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27(3), 258-292. <https://doi.org/10.2307/749365>

- Bergsten, C. y Frejd, P. (2019). Preparing pre-service mathematics teachers for STEM education: an analysis of lesson proposals. *ZDM Mathematics Education*, 51(6), 941-953. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01071-7>
- Chamorro, M. D. C. (2003). *Didáctica de las matemáticas para primaria*. Pearson Educación.
- Cobb, P. y Gravemeijer, K. (2008). Experimenting to support and understand learning processes. En A. E. Kelly, R. A. Lesh y J. Y. Baek (eds.), *Handbook of design research methods in education. Innovations in Science, Technology, Engineering and Mathematics Learning and Teaching* (pp. 68-95). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315759593>
- Davis, B. y Spatial Reasoning Study Group. (2015). *Spatial reasoning in the early years: principles, assertions, and speculations*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315762371>
- Davis, B., Okamoto, Y. y Whiteley, W. (2015). Spatializing school mathematics. En B. Davis y the Spatial Reasoning Study Group (Eds.), *Spatial reasoning in the early years: principles, assertions, and speculations*, (pp. 139-150). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315762371>
- Duijzer, C., van den Heuvel-Panhuizen, M., Veldhuis, M., Doorman, M. y Leseman, P. (2019). Embodied learning environments for graphing motion: a systematic literature review. *Educational Psychology Review*, 31(3), 597-629. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09471-7>
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Freudenthal, H. (2002). *Revisiting mathematics education: China lectures*. Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1007/0-306-47202-3>
- Gálvez Pérez, G. (1985). El aprendizaje de la orientación en el espacio urbano. Una proposición para la enseñanza de la geometría en la escuela primaria. [Tesis de doctorado, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional]. <https://repositorio.cinvestav.mx/handle/cinvestav/4422>

- Hatzigianni, M., Stevenson, M., Falloon, G., Bower, M. y Forbes, A. (2021). Young children's design thinking skills in makerspaces. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 27, 100216. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2020.100216>
- Honey, M., Pearson, G. y Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K-12 education: status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press. <https://nap.nationalacademies.org/read/18612/chapter/1>
- Landsiedel, C., Rieser, V., Walter, M. y Wollherr, D. (2017). A review of spatial reasoning and interaction for real-world robotics. *Advanced Robotics*, 31(5), 222-242. <https://doi.org/10.1080/01691864.2016.1277554>
- Liben, L. S. y Downs, R. M. (1989). Understanding maps as symbols: the development of map concepts in children. *Advances in child development and behavior*, 22, 145-201. [https://doi.org/10.1016/S0065-2407\(08\)60414-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2407(08)60414-0)
- Lowrie, T., Logan, T., Harris, D. y Hegarty, M. (2018). The impact of an intervention program on students' spatial reasoning: Student engagement through mathematics-enhanced learning activities. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 3 (50), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s41235-018-0147-y>
- Ortiz, A. (2018). Desarrollo del razonamiento espacial en edades tempranas: Una propuesta didáctica para la exploración de representaciones 2D y 3D. [Tesis de maestría no publicada]. Universidad Pedagógica Nacional.
- Sabena, C. (2018). Multimodality and the semiotic bundle lens: a constructive resonance with the Theory of Objectification. *PNA*, 12(4), 185-208. <https://doi.org/10.30827/pna.v12i4.7848>
- Secretaría de Educación Pública [SEP]. (2016a). *Propuesta curricular para la educación obligatoria 2016*. <https://www.gob.mx/cms/uploads/docs/Propuesta-Curricular-baja.pdf>
- Uttal, D. H. (2000). Seeing the big picture: map use and the development of spatial cognition. *Developmental Science*, 3(3), 247-264. <https://doi.org/10.1111/1467-7687.00119>

Verdine, B. N., Golinkoff, R. M., Hirsh-Pasek, K., Newcombe, N. S. y Bailey, D. H. (2017). Links between spatial and mathematical skills across the preschool years. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 82(1), 1-149. <https://www.jstor.org/stable/45106900>

Woolcott, G., Le Tran, T., Mulligan, J., Davis, B., y Mitchelmore, M. (2020). Towards a framework for spatial reasoning and primary mathematics learning: an analytical synthesis of intervention studies. *Mathematics Education Research Journal*, 34, 37-67. <https://doi.org/10.1007/s13394-020-00318-x>

PREPRINT