

[T1] Formación docente en educación STEM con enfoque de indagación: una estrategia para promover habilidades interdisciplinarias en niñas de primaria

[T1] Teacher training in STEM education with an inquiry-based approach: a strategy to promote interdisciplinary skills in elementary school girls

Ivonne Twiggy Sandoval Cáceres¹

Ruth Angélica Briones Fragoso²

Alicia Lily Carvajal Juárez³

Cómo citar / How to cite?:

Sandoval Cáceres, I. T., Briones Fragoso, R. A. Carvajal Juárez, A. L. (2025). Formación docente en educación STEM con enfoque de indagación: una estrategia para promover habilidades interdisciplinarias en niñas de primaria. *Memorias del IX Congreso Internacional en Innovación Educativa: Educar sin límites*, 3(3), XX. [https://doi.org/10.24015/2529-2002.3\(3\).XX](https://doi.org/10.24015/2529-2002.3(3).XX)

[T2] Resumen

Un reto actual en educación es diseñar/adaptar e implementar proyectos que integren disciplinas STEM, particularmente en contextos de desventaja socioeconómica y con enfoque de reducción de brechas de género. La literatura señala la necesidad de la

¹ Licenciada en Matemáticas y Computación y especialista en Educación Matemática por la Universidad de Pamplona (Colombia), maestra y doctora en Ciencias con especialidad Matemática Educativa por el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (México). Profesora de la Universidad Pedagógica Nacional —unidad Ajusco, Ciudad de México—, México. Correo-e: isandoval@upn.mx; <https://www.researchgate.net/profile/Ivonne-Sandoval>, Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-7269-8546>

² Licenciada en Pedagogía por la Universidad Pedagógica Nacional (México), maestra en Filosofía de las Ciencias por la UNAM. Profesora de la Universidad Pedagógica Nacional —unidad Ajusco, Ciudad de México—, México. Correo-e: rbriones@upn.mx

³ Licenciada en Educación, especial en ciegos y débiles visuales por la Escuela Normal de Especialización de la Ciudad de México, maestra en Ciencias con especialidad Investigaciones Educativas por el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (México). Profesora de la Universidad Pedagógica Nacional —unidad Ajusco, Ciudad de México—, México. Correo-e: acarvaj@upn.mx; <https://independent.academia.edu/AliciaLilyCarvajalJuarez>

formación docente para impulsar este enfoque. En este marco, nuestra investigación tuvo como objetivo diseñar e implementar un taller dirigido a docentes de primaria, con el fin de construir colaborativamente proyectos que promuevan la educación STEM en niñas en vulnerabilidad social. Adoptamos una metodología cualitativa, específicamente la Investigación Basada en el Diseño, por su carácter sistemático y flexible. El estudio se desarrolló en cuatro etapas con la participación de veinte docentes de primaria, cinco directivos y ocho integrantes del equipo de investigación. Los resultados evidencian que el entrelazamiento de dimensiones curricular, conceptual y metodológica es viable cuando se promueve colaboración entre especialistas, docentes y autoridades educativas. El taller, basado en la inmersión, la vivencia e interacción horizontal, suscitó un interés auténtico del profesorado por codiseñar e implementar –en todos los grados escolares–proyectos sobre sismos, desde un enfoque STEM. Concluimos que la colaboración entre actores diversos es clave para articular investigación con las prácticas reales de aula.

Palabras clave: educación STEM, habilidades transversales, profesorado de primaria, taller inmersivo y vivencial, trabajo colaborativo.

[T2]Abstract

A current challenge in education is the design/adaptation, and implementation of projects that foster integrated STEM disciplines, particularly in socioeconomic disadvantage contexts and with emphasis on reducing gender gaps. The literature highlights the need to deepen our understanding of the teacher education to support this approach. Within this context, our study aimed to design and implement at a workshop for primary school teachers, in order to collaboratively develop teaching strategies that foster STEM education among girls from underprivileged backgrounds. We adopted a qualitative methodology, specifically Design-Based Research, due to its systematic yet flexible nature. The study was carried out in four stages and involved twenty primary teachers, five school leaders, and eight members of the research team. The finding shows that weaving together the curricular, conceptual, and methodological dimensions is feasible when collaboration is fostered among specialists, teachers, and educational authorities. The workshop—grounded in immersion, experiential learning, and horizontally interaction—

sparked genuine interest among teachers in co-designing and implementing a STEM project on earthquakes across all grade levels. We conclude that collaboration among diverse educational actors is key to bridging research and real classroom practice.

Keywords: STEM education, collaborative work, cross-cutting skills, primary school teachers, immersive and experiential workshop.

[T2] Introducción

Actualmente sigue la brecha en la participación de niñas, adolescentes y mujeres en áreas Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) ya sean en actividades extraescolares, programas universitarios, sector laboral e investigación. Para el éxito en estas profesiones, resultados investigativos señalan relación con el razonamiento espacial. Sin embargo, aunque se sabe que el desarrollo de competencias espaciales es aprendido -en diferentes edades-, poco se contempla en planes de estudio y/o en programas de formación docente. En este contexto nos propusimos diseñar e implementar un taller, dirigido a docentes de primaria en la ciudad de México, a fin de construir colaborativamente proyectos que promuevan la educación STEM en niñas, a través del desarrollo de habilidades interdisciplinarias—como el razonamiento espacial—basadas en la indagación. En este capítulo detallaremos las etapas del proyecto (planeadas y emergente) y algunos resultados para mostrar cómo la colaboración entre diferentes expertos es un medio para poner en diálogo la investigación al aula, y del aula a la investigación.

[T2] Antecedentes

La educación es clave en la deconstrucción de estereotipos de género relacionados con las disciplinas STEM. Pese a esfuerzos nacionales e internacionales, persisten brechas significativas. Según el Banco Interamericano de Desarrollo (López-Bassols, et al, 2018) sólo el 17% de egresados en carreras afines a STEM en Latinoamérica son mujeres. Diversos organismos (UNESCO, ONU) e investigadores (Arredondo, Vázquez y Velázquez, 2019; Fernández, 2022) sugieren implementar acciones escolares y extraescolares que fomenten el interés de las niñas por estas disciplinas—desde edades tempranas—, para empoderarlas antes de elegir una carrera universitaria. Esto implica

involucrar activamente a docentes, directivos y familia en la construcción de entornos más inclusivos. Un componente esencial es la formación docente para diseñar o adaptar y “aplicar estrategias didácticas motivadoras en las materias STEM, que las hagan atractivas para los estudiantes, para que así, a su vez, estos cambien concepciones y creencias tradicionales hacia estas disciplinas” (Cabero y Valencia, 2021, p. 14). Este desafío se acentúa en contextos educativos situaciones en zonas vulnerables, en escuelas multigrado e indígenas, donde el profesorado enfrenta retos adicionales: carencias de infraestructura (agudizados tras la pandemia) y desigualdades en el acceso a tecnologías por parte de estudiantes y sus familias.

A partir de una revisión no exhaustiva, identificamos una escasa producción investigativa enfocada en docentes de primaria en servicio que indaguen por proyectos educativos relacionados con promover habilidades interdisciplinarias –como el razonamiento espacial en niñas–, de dichos contextos como vía para fortalecer su vínculo con las áreas STEM. Como advierten Francis y colaboradores (2018), la preparación del profesorado en educación STEM aún es limitada, lo que refuerza la necesidad de impulsar acciones formativas pertinentes. Nuestra investigación pretende atender esta necesidad en nuestro contexto.

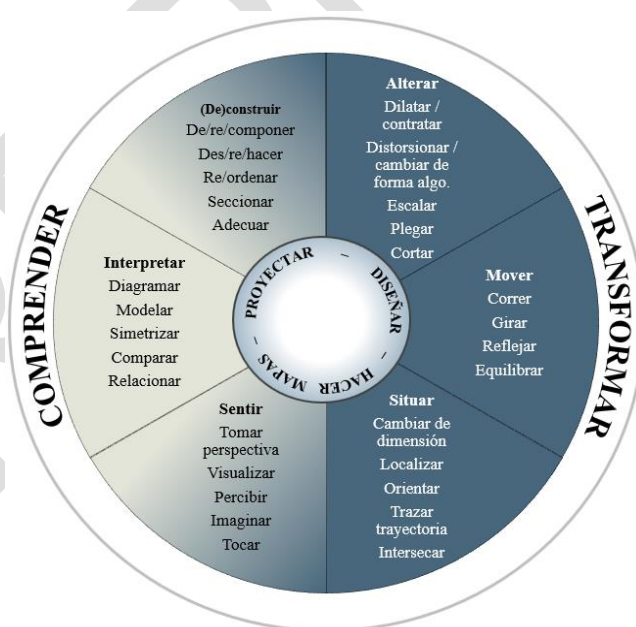
T2 Fundamentos conceptuales

Este estudio se sustenta en tres referentes conceptuales interrelacionados: la educación STEM, el razonamiento espacial y la colaboración docente. La educación STEM la concebimos como una propuesta integradora que conecta saberes disciplinares para desarrollar competencias ciudadanas como el pensamiento crítico, la creatividad, la colaboración y la resolución de problemas complejos, a través de experiencias auténticas, rigurosas y contextualizadas. Su implementación puede adoptar desde enfoques *disciplinares* –materias abordadas por separado–, hasta los *transdisciplinares* que permite una articulación más profunda entre saberes para dar respuesta a problemas reales y complejos (Vasquez, 2015).

Respecto al razonamiento espacial, investigaciones recientes han destacado su influencia en el aprendizaje y éxito académico y profesional en disciplinas STEM (Francis et al., 2017). Este tipo de razonamiento predominantemente no verbal, implica la

comprensión y transformación de relaciones espaciales tanto a nivel cognitivo como físico (Francis et al, 2017, p. 171), mediante procesos como la visualización, la (des)composición de formas, el cambio dimensional y diferentes perspectivas de un mismo objeto. A pesar de su complejidad (Piaget e Inhelder, 1948; Sarama y Clements, 2009), y de las dificultades documentadas –como carencias para coordinar representaciones, problemas para construir y transformar objetos bidimensionales y tridimensionales (Arıcı y Aslan-Tutak, 2015) y dificultades para visualizar desde diferentes perspectivas (Gutiérrez, 1996; Sinclair et al, 2016)–, se ha demostrado que puede moldearse desde edades tempranas a través de experiencias educativas diseñadas intencionalmente (Uttal et al., 2013). En nuestra investigación, retomamos la concepción de razonamiento espacial como un sistema dinámico (Figura 1) de interacciones entre acciones, elementos y competencias emergentes (Davis y SRSG, 2015) necesarias para comprender y transformar relaciones espaciales.

Figura 1. Representación del razonamiento espacial como sistema.



Fuente: Adaptado de Davis y el SRSG (2015, p. 141, citado en Ortiz y Sandoval, 2018).

Por último, la colaboración docente la asumimos como eje esencial en el desarrollo profesional docente. Para “hacer algo juntos” se necesita negociar, discutir y considerar perspectivas compartidas (Wulschleger et al., 2023), lo que favorece redes

de trabajo interdisciplinario, proyectos de innovación y adaptación a cambios educativos (Roa-Tampe y Zenteno, 2024). Desde una perspectiva social, la colaboración implica aprender a colaborar y colaborar para aprender mediante procesos transversales de interacción. Su impacto se observa en tres planos: organización escolar, interacciones entre docentes y la práctica de enseñanza (Wulfschleger et al., 2023).

Dado que uno de los retos actuales en México se relaciona con la implementación de proyectos educativos en educación STEM, en la Universidad Pedagógica Nacional (México)—como institución formadora de profesionales de la educación— hemos asumido el compromiso de realizar investigaciones colaborativas (Moss et al., 2015) e interdisciplinarias (English, 2021) que fomenten la educación STEM, usando los tres referentes previamente descritos.

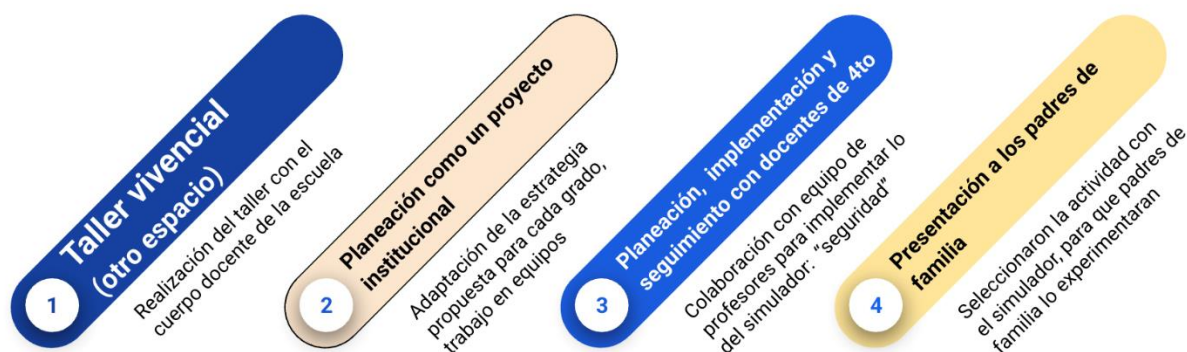
En este contexto nos preguntamos *¿Cómo fomentar el trabajo colaborativo en docentes de primaria -inmersos en una escuela ubicada en un contexto vulnerable- para construir e implementar proyectos educativos basados en la indagación que promuevan la educación STEM en niñas con desventaja socioeconómica, a través del desarrollo de habilidades interdisciplinarias como las de razonamiento espacial?*

[T2] Metodología

Este estudio tuvo como objetivo diseñar e implementar un taller para docentes de primaria con el propósito de construir, de manera colaborativa, proyectos orientados a promover educación STEM en niñas de vulnerabilidad social. Adoptamos una metodología cualitativa, particularmente, la Investigación Basada en el Diseño (Bakker y van Eerde, 2015) porque posibilita articular el diseño, y su refinamiento derivado de la implementación y análisis retrospectivo.

El estudio se desarrolló en cuatro etapas (Figura 2): revisión de literatura, diseño inicial e implementación del taller; codiseño del proyecto con el colectivo docente; implementación y seguimiento con tres profesores de cuarto grado; y una etapa adicional impulsada por el director, en la que se diseñaron proyectos STEM para toda la escuela. Esta última etapa incluyó la participación de las familias, con las niñas como protagonistas.

Figura 2. Etapas del estudio



Fuente: elaboración propia.

[T2] Participantes, recolección de datos y análisis

En este estudio participaron veinte docentes de primaria, cinco directivos de una escuela primaria pública y ocho integrantes del equipo de investigación, en el marco del programa de vinculación universidad- escuela: “Aprendizaje de las matemáticas en contextos diversos”.

Las acciones docentes durante el taller, en los espacios de intercambio con el equipo de investigación y en el aulas– respondieron a intencionalidades específicas. Para acercarnos a estas empleamos diversos instrumentos que permitieron recolectar datos complementarios (observaciones participantes y no participantes, entrevistas y producciones escritas) y su triangulación. Las observaciones participantes se realizaron en un taller (de 6 horas), observaciones no participantes en el aula –cuando algunos docentes implementaron el proyecto–, notas de campo y entrevistas. Las observaciones se videograbaron y complementadas con notas de observación. Las entrevistas fueron antes y después de la implementación en el aula. El análisis conjunto de estas fuentes permitió identificar acciones de los docentes dieron cuenta de cómo promovieron educación STEM (Ortiz, Sandoval y Sacristán, 2022).

[T2] Resultados

Los resultados de este estudio muestran la viabilidad de nuestra estrategia interdisciplinaria basada en un fenómeno natural –los sismos– mediante un enfoque STEM articulado con los principios de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). A continuación describimos brevemente el proceso de construcción del taller y su impacto.

En la etapa 1, resultado de revisar y sistematizar 104 documentos sobre esta temática –con énfasis en proyectos educativos, documentos de política educativa, materiales y recursos educativos, experiencias en aulas, y programas de formación docente–, logramos establecer bases teóricas y metodológicas de nuestra estrategia formativa. Esta revisión nos permitió identificar énfasis y metodologías propuestos como partir de conocimientos, intereses, preguntas y/o problemas; necesidad de definir e integrar habilidades y/o contenidos, así como de una formación docente en el ámbito de educación STEM.

Para el diseño de proyectos con enfoque STEM proponemos contemplar tres dimensiones (Figura 3): *curricular* (contenidos explicados en documentos oficiales como es el caso de la Nueva Escuela Mexicana), *conceptual* (contenidos y habilidades vinculadas con matemáticas, ciencias, ingeniería y pensamiento computacional) y *metodológica* (ABP con enfoque STEM).

Figura 3. Dimensiones para diseñar de proyectos STEM integrando habilidades.



Fuente: elaboración propia.

Con estas dimensiones se diseñó el taller *Tlaloli: pregunta, busca, experimenta y encuentra*. El punto de partida fue apoyar al colectivo docente en la construcción de un proyecto significativo para su grupo escolar que lograra: a) integrar distintos contenidos y/o habilidades de las diferentes disciplinas escolares; b) enmarcar los principios del enfoque STEM y del ABP, y c) posibilitar el trabajo colaborativo para profundizar y comprender mejor -desde distintas perspectivas y niveles de profundidad- un fenómeno natural, así como los enfoques, conocimientos y habilidades que pretendían poner en juego.

El taller se estructuró en tres momentos clave.

1. *Pregunta*: Reconocimiento de intereses y conocimientos previos del profesorado sobre el fenómeno natural – sismos.
2. *Busca, responde y formula preguntas*: Búsqueda de información en diversas fuentes de información en formatos diversos (libros, videos y páginas web confiables) para responder los cuestionamientos iniciales y/o formular nuevas preguntas.
3. *Programa, anticipa, experimenta, observa, registra y concluye*: Se selecciona una de las preguntas iniciales (p.e., resistencia de edificaciones. Se hace una réplica y construcción de casas con material LEGO, para explorar su estructura y resistencia en un simulador de sismos construido con LEGO Education WeDo 2.0. Dicho simulador se programa con una aplicación en una tableta digital. Las hipótesis, acciones, y resultados de la experiencia con el simulador se registran en tablas de datos para emitir una conclusión.

En la etapa 2, el colectivo docente y directivo vivenció este taller en el que se promovieron habilidades espaciales como el uso de distintas perspectivas de una misma casa (vistas frontal, lateral, superior), la comprensión de distintos tamaños de espacio, el reconocimiento de formas y la rotación de objetos. Además, profundizaron sobre la temática de los sismos y la programación de un simulador, experiencia nueva para ellos. El colectivo docente también reconoció el potencial formativo de estas experiencias al

vivenciar el taller como una experiencia inmersiva, reflexiva y colaborativa como se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Algunas experiencias durante el taller formativo.



Fuente: elaboración propia.

En la etapa 3, tres docentes de cuarto grado implementaron la estrategia en sus aulas con acompañamiento del equipo de investigación (Figura 5). Sin embargo, el uso de la propuesta por parte del colectivo docente fue tal que, por iniciativa del director, se propuso ampliar a toda la escuela. Cada equipo de docentes por grados, adaptó una versión del proyecto en función de su grado escolar y necesidades de grupo.

Figura 5. Colaboración entre investigadoras y docentes



Fuente: elaboración propia.

En la etapa 4, no prevista inicialmente, integró a familias del estudiantado en una actividad liderada por las niñas, quienes compartieron lo aprendido y reforzaron su protagonismo en actividades STEM. Esta participación de la comunidad educativa amplió el impacto de la estrategia propuesta más allá del aula.

Figura 6. Actividades STEM con familias, liderados por niñas.



Fuente: elaboración propia.

En conjunto, estos resultados muestran la riqueza del trabajo colaborativo entre investigadoras, docentes y autoridades, así como la pertinencia de estrategias formativas situadas y sensibles a los contextos.

[T2] Conclusiones

Fomentar el trabajo colaborativo en docentes de primaria en contextos vulnerables requiere generar experiencias formativas situadas, basadas en la inmersión, el diálogo horizontal y el reconocimiento de conocimientos diversos. Este estudio muestra que, mediante un proceso de codiseño sostenido entre investigadoras, docentes, y autoridades escolares, es posible construir e implementar proyectos educativos basados en la indagación que articulen contenidos curriculares con fenómenos naturales, propios del entorno. La estrategia formativa –Taller *Tlalolin*– permitió articular contenidos de distintas áreas STEM y promover el desarrollo de habilidades interdisciplinarias como el

razonamiento espacial, a partir de preguntas genuinas del estudiantado. La participación activa del profesorado y la expansión voluntaria del proyecto a toda la escuela evidencian que la colaboración auténtica y la apertura a la innovación resultaron claves para favorecer una educación más equitativa para niñas en situación desventaja social.

[T2]Referencias

- Arıcı, S., y Aslan-Tutak, F. (2015). The effect of origami-based instruction on spatial visualization, geometry achievement, and geometric reasoning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(1), 179-200.
- Arredondo Trapero, F. G., Vázquez Parra, J. C., & Velázquez Sánchez, L. M. (2019). Stem and gender gap in latin america. *Revista de El Colegio de San Luis*, 9(18), 137-158.
- Bakker, A., y van Eerde, D. (2015). An Introduction to Design-Based Research with an Example From Statistics Education. En A. Bikner-Ahsbahr, C. Knipping, y N. Presmeg (Eds.), *Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education* (pp. 429-466). Dordrecht: Springer Netherlands. Recuperado a partir de http://link.springer.com/10.1007/978-94-017-9181-6_16
- Cabero, J y Valencia, R (2021). STEM y género: un asunto no resuelto. *Revista de Investigación y Evaluación Educativa-Revie*, 8 (1), 4-17. <https://doi.org/10.47554/revie2021.8.86>
- CIPPEC (2020). *Programa de protección social. Mujeres en STEM: cómo romper con el círculo vicioso*. Documento de Políticas Públicas #224. <https://www.cippec.org/wp-content/uploads/2020/11/224-DPP-PS-Mujeres-en-STEM-Szenkman-y-Lotitto-noviembre-2020-1.pdf>
- Cohen, L., Manion, L., y Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education (6th ed.)*. Routledge Falmer.
- Davis, B., y Spatial Reasoning Study Group. (2015). *Spatial reasoning in the early years: Principles, assertions, and speculations*. New York, USA: Taylor y Francis.
- English L.D. (2021) Integrating Engineering Within Early STEM and STEAM Education. En Cohrssen C., Garvis S. (Eds) *Embedding STEAM in Early Childhood Education and Care*. Palgrave Macmillan, Cham.

- Fernández, E. (2022). Una ecuación desbalanceada, aumentando la participación de la mujer en STEM. En Conferencia Internacional W-STEM Chile, Valparaíso, Chile, 19-20 de abril de 2022, <https://zenodo.org/record/6475886>
- Francis, K., Bruce, C., Davis, B., Drefs, M., Hallowell, D., Hawes, Z., y Woolcott, G. (2017). Multidisciplinary perspectives on a video case of children designing and coding for robotics. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(3), 165-178
- Francis, K., Yáñez, G. A., Chapman, O., Cherkowski, G., Dodsworth, D., Friesen, S., y Turner, J. (2018). Forming and transforming STEM teacher education: A follow up to pioneering STEM education. En *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 686-693). IEEE.
- Gal, H., y Linchevski, L. (2010). To see or not to see: analyzing difficulties in geometry from the perspective of visual perception. *Educational studies in mathematics*, 74(2), 163-183.
- Gutiérrez, A. (1996). Visualization in 3-dimensional geometry: In search of a framework. En L. Puig, y A. Gutiérrez (Eds.), *Proceedings of the 20th conference of the international group for the psychology of mathematics education*, Vol. 1 (pp. 3–19). Valencia: Universidad de Valencia.
- López-Bassols, V.; Grazi, M.; Guillard, C.; y Salazar, M. (2018). *Las brechas de género en ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe: resultados de una recolección piloto y propuesta metodológica para la medición*. BID
- Moss, J., Hawes, Z., Naqvi, S., y Caswell, B. (2015). Adapting Japanese Lesson Study to enhance the teaching and learning of geometry and spatial reasoning in early years classrooms: a case study. *ZDM*, 47(3), 377-390.
- Newcombe, N. (2010). Picture this: Increasing math and science learning by improving spatial thinking. *American Educator*, 34(2), 29
- OEA (2016). *La indagación como estrategia para la Educación STEAM. Guía práctica*. Recuperado a partir de <https://recursos.educoas.org/sites/default/files/Final%20OEA%20Indagación.pdf>
- Ørngreen, R. (2015). Reflections on Design-Based Research. En J. Abdelnour Nocera, B. R. Barricelli, A. Lopes, P. Campos, & T. Clemmensen (Eds.), *Human Work*

- Interaction Design. Work Analysis and Interaction Design Methods for Pervasive and Smart Workplaces* (Vol. 468, pp. 20-38). Cham: Springer International Publishing. http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-27048-7_2
- Ortiz, A. y Sandoval, I. (2018). Representaciones de cuerpos geométricos: una experiencia con profesores de primaria de latinoamérica. En L. J. Rodríguez-Muñiz, L. Muñiz-Rodríguez, A. Aguilar-González, P. Alonso, F. J. García García y A. Bruno (Eds). *Investigación en Educación Matemática XXII*. Gijón: SEIEM. (pp. 427-436). Gijón, España: Departamento de Estadística e I.O. y Didáctica de la Matemática y el Departamento de Matemáticas de la Universidad de Oviedo.
- Ortiz-Rocha, Y.A., Sandoval-Cáceres, I. y Sacristán-Rock, A. I. (2022). Construcción de sistemas de referencia espaciales en edades tempranas: reconocimiento de macroespacios. Blanco, T. F., Núñez-García, C., Cañadas, M. C. y González-Calero, J. A. (Eds.) *Investigación en Educación Matemática XXV* (pp. 441-449). Santiago de Compostela: SEIEM
- Piaget, J., e Inhelder, B. (1948). La representación del espacio en el niño. *Madrid: Morata*.
- Roa-Tampe, K. y Zenteno-Silva, C. J. (2024). ¿Por qué no pueden colaborar? Obstáculos para la colaboración docente. *Magis, Revista Internacional de Investigación en Educación*, 17, 1-22. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.m17.pppo>
- Sandoval, I. y Lozano, M.D. (2014). La necesidad de cambio en las prácticas de enseñanza de las matemáticas en primaria a través del trabajo colaborativo entre investigadores y maestros. En A. Solares, P. Preciado y C. Francis (Coord). *Qué, cómo y por qué: una conversación internacional sobre el aprendizaje de profesores de matemáticas. What, How and Why: An international conversation on mathematics teacher learning* (pp. 91-112). México: Universidad Pedagógica Nacional /Universidad de Calgary, Canadá.
- Sandoval, I. y Trigueros, M. (2023). Analysis of Primary School Teachers' roles in the dynamics of mathematics lessons that integrate technology resources in challenging socio-economic contexts. En Clark-Wilson, A.; Robutti, O & Sinclair, N. (Eds) *The Mathematics Teacher in the Digital Era. Mathematics Education in the Digital Era*, vol 16 (pp. 235–262). Springer, Charm

- Sarama, J., y Clements, D. (2009). *Early childhood mathematics education research: Learning trajectories for young children*. New York: Routledge.
- Sinclair, N., Bussi, M. G. B., de Villiers, M., Jones, K., Kortenkamp, U., Leung, A., y Owens, K. (2016). Recent research on geometry education: an ICME-13 survey team report. *ZDM*, 48(5), 691-719.
- Tahta, D. (1989). Is there a geometric imperative? *Mathematics Teaching*, 129, 20-29.
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., y Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological bulletin*, 139(2), 352.
- Vasquez, J. A. (2015). STEM-Beyond the acronym *Educational Leadership*, 72(4), 10-15.
- Wullschleger, A., Vörös, A., Rechsteiner, B., Rickenbacher, A., y Merki, K. (2023). Improving teaching, teamwork, and school organization: Collaboration networks in school teams. *Teaching and Teacher Education*, 121, 1-17.
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2022.103909>