

Diseño de un programa de Formación Docente en Educación con enfoque STEM para ciudades intermedias

Design of a Teacher Training Program in STEM education for intermediate cities

Carlos Mauricio Agudelo Rodríguez¹

Ronald Andrés Gonzáles-Reyes²

Universidad Antonio Nariño. Facultad de Educación. Grupo de investigación Conciencia

1 0 0

Resumen

La educación con enfoque STEM se ha convertido en un espacio propicio para la formación de ciudadanos con habilidades propias del siglo XXI. Por eso, diferentes

actores han promovido su implementación en las instituciones educativas, lo que convierte al docente en un actor clave para un desarrollo pertinente del enfoque. En este estudio se diseñó un programa de formación en educación con enfoque STEM, aplicado a un contexto de una ciudad demográficamente intermedia. a partir de un análisis cualitativo-interpretativo, documental y entrevistas semiestructuradas. Se identificaron las competencias y necesidades formativas requeridas para integrar exitosamente

¹ Magister en Ciencias Biológicas, Candidato a Doctor, Universidad Antonio Nariño. Facultad de Educación. cagudelo27@uan.edu.co. <https://orcid.org/0000-0002-7272-3369>

² Doctor en Ciencias Políticas y Sociales. Coordinador Licenciatura en Ciencias Sociales Universidad Antonio Nariño. Facultad de Educación. sigrodan@uan.edu.co. <https://orcid.org/0000-0001-7910-2015>

el enfoque STEM. Los resultados muestran que la falta de infraestructura tecnológica y la carencia de formación en metodologías activas son barreras críticas para los docentes. Por esto, el programa propone módulos centrados en la interdisciplinariedad, el uso de tecnologías educativas y la contextualización de las metodologías a las realidades locales, con un enfoque constructivista que fomenta la reflexión crítica y la autoevaluación. El estudio concluye que la formación docente en STEM debe adaptarse a las condiciones particulares de las ciudades intermedias, y así promover la colaboración interinstitucional y la innovación pedagógica en estos contextos.

Abstract

Education STEM approach has become a space conducive to the formation of citizens with skills typical of the 21st century. For this reason, different actors have promoted its implementation in educational institutions, which makes the teacher a key actor for a relevant development of the approach. In this study, a training program in education with a STEM approach was designed, applied to a context of a demographically intermediate city, based on a qualitative-interpretative analysis, documentary and semi-structured interviews. The competencies and training needs required to successfully integrate the STEM approach were identified. The results show that the lack of technological infrastructure and the lack of training in active methodologies are critical barriers for teachers. For this reason, the program proposes modules focused on interdisciplinarity, the use of educational technologies and the contextualization of methodologies to local realities, with a constructivist approach that encourages critical reflection and self-evaluation. The study concludes that STEM teacher training should be adapted to the particular conditions of intermediary cities, and thus promote inter-

institutional collaboration and pedagogical innovation in these contexts.

Palabras clave

Formación docente, enfoque STEM, competencias docentes, desarrollo curricular, recursos educativos.

Keywords

Teacher training, STEM approach, teaching competencies, curriculum development, educational resources.

Introducción

Durante la última década, la educación con enfoque STEM (del inglés Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) ha sido protagonista en el campo educativo, consolidándose como una alternativa pertinente en la formación de ciudadanos capaces de enfrentar los desafíos de la sociedad en diferentes sectores sociales, económicos, tecnológicos y ambientales (Breiner et al., 2012; Bybee, 2013). Su característica principal es la interdisciplinariedad, la cual busca el desarrollo de habilidades críticas, creativas y de resolución de problemas en contextos determinados (Marginson et al., 2013).

1 0 1

Para autores como Kelley y Knowles (2016) y Nadelson y Seifert (2017), el éxito y la efectividad de este enfoque educativo está supeditada a la formación docente. De hecho, los docentes son los actores principales en diversos procesos y particularmente en la ejecución de las políticas educativas establecidas por los Estados y en la ejecución de prácticas pedagógicas concretas lideradas desde las instituciones. Por tanto, una capacitación adecuada es clave para garantizar que aspectos críticos, conceptuales y metodológicos, sean aplicados desde el diseño de los currículos, hasta la evaluación, pasando por la gestión del aula y las prácticas pedagógicas (Darling-Hammond et al., 2023; Shulman, 2005).

Dada la característica principal del enfoque, una particularidad de los procesos de formación docente en educación STEM, es el desarrollo de habilidades pedagógicas para la integración de las disciplinas, que, como los considera Roehrig et al. (2022), puede lograrse con el fomento del aprendizaje basado en proyectos y la promoción del pensamiento crítico. Así mismo, existe la necesidad de desarrollar conocimientos pedagógicos tecnológicos relacionados con el enfoque, los cuales implican desafíos en la preparación de profesores competentes en STEM (Kelley & Knowles, 2016; Yip & Leung, 2022). En este sentido los procesos de formación no solo deben centrarse en el desarrollo de competencias disciplinarias, sino también en habilidades para integración, que partan desde el diseño del currículo y se desarrollen plenamente en las prácticas pedagógicas.

Sumado a lo anterior, otro factor a tener en cuenta en la formación docente en este enfoque es el contexto. Las realidades donde laboran los docentes, implica generar adaptaciones a los programas de formación, de acuerdo a sus necesidades, limitaciones y experiencias (M. Honey et al., 2014; Romeiro & Méndez, 2008). En este sentido, las características demográficas de las ciudades, para el caso particular de las ciudades intermedias, plantean retos adicionales en términos de recursos disponibles, infraestructuras y políticas educativas locales (Reig Martínez et al., 2016; Romeiro & Méndez, 2008). Por esa razón, la estructuración de unidades académico-administrativas, como centros de investigación escolar, planteadas desde los territorios y sus instituciones, pueden facilitar la creación de programas de formación adaptados a estas realidades (Brenner, 2023). Así las cosas, la naturaleza integral de la educación STEM, las barreras intrínsecas, relacionadas con los esfuerzos personales de los docentes para construir nuevos conocimientos, y las barreras extrínsecas, derivadas de restricciones gubernamentales, institucionales y contextuales (Brenner, 2023; M. Honey et al.,

2014), ponen el desarrollo de los programas de formación docente, como una estrategia para mejorar los aprendizajes de los estudiantes en contextos determinados.

Lo anteriormente descrito, expone la necesidad de crear escenarios de formación pertinentes y que promuevan altos niveles de apropiación en comunidades académicas en contextos específicos (Brenner, 2023; Darling-Hammond et al., 2023). Para el caso particular de las ciudades intermedias, se considera que dichos programas se deben desarrollar desde cero, adaptándose a las condiciones locales y que tengan en cuenta aspectos socioeconómicos, geográficos y disciplinarios (Brenner, 2023; Romeiro & Méndez, 2008).

Por lo tanto, este artículo tiene como objetivo estructurar un programa de formación docente en educación con enfoque STEM, que considera no solo la integración disciplinaria, sino también las competencias pedagógicas necesarias para su implementación, adaptadas a las particularidades de ciudades intermedias.

1 0 2

1. Metodología

1.1. Diseño de la investigación

El presente estudio adopta un enfoque cualitativo-interpretativo (Elliott, 1991). Para esto se realizó un análisis documental y entrevistas semiestructuradas, con el propósito de captar elementos clave para el diseño de un programa de formación docente en educación con enfoque STEM, orientado a profesores de ciudades intermedias.

1.1.1. Análisis documental

Se realizó un análisis documental a partir de literatura académica, informes técnicos de organismos multilaterales, documentos de políticas públicas y normas internacionales (Bowen, 2009). Se seleccionaron bajo criterios

de pertinencia y actualidad, en relación a la educación con enfoque STEM y formación docente con énfasis en ciudades intermedias.

El análisis documental se llevó a cabo mediante dos fases. La primera fase consistió en una selección de los documentos en función de su pertinencia para la investigación. Para esto, se realizó una búsqueda a través de las bases de datos Scopus, Web of Science y Google. Se utilizaron las palabras clave “formación docente”, “educación STEM”, “ciudades intermedias” y “competencias docentes”. Posteriormente, se llevó a cabo el análisis de contenido de los documentos seleccionados con la ayuda del software Atlas.ti (Gibbs, 2018). Se realizó una codificación abierta y axial (Strauss & Corbin, 2002) para capturar las categorías relevantes relacionadas con las competencias pedagógicas de los docentes STEM, las estrategias instruccionales y los contextos de las ciudades intermedias. Este enfoque permitió detectar patrones similares y diferentes en los documentos analizados, los cuales estaban vinculados a las necesidades educativas de los docentes.

Para garantizar la validez y fiabilidad del análisis documental, se aplicó una triangulación de datos (Flick, 2004, 2022), y se compararon y contrastaron los resultados con las diferentes fuentes previamente descritas.

1.1.2. Entrevista semiestructurada

Con el objetivo de indagar sobre las percepciones, conocimientos, competencias y expectativas que tienen los docentes hacia la implementación del enfoque STEM en contextos urbanos intermedios, se diseñó y realizó una (1) entrevista semiestructurada a cinco (5) docentes que voluntariamente habían manifestado interés en participar en un programa de formación docente con enfoque STEM. Las entrevistas en este caso estaban justificadas debido a su adaptabilidad a temas complejos de los participantes entrevistados. Es

decir, eran preguntas estructuradas y al mismo tiempo sondeaban respuestas inesperadas (Kvale, 2007).

La entrevista se organizó en torno a cinco ejes temáticos con el fin de recopilar información sobre las competencias de los docentes, los recursos didácticos disponibles, las técnicas de enseñanza utilizadas, los desafíos particulares a los que se enfrentan los docentes de ciudades intermedias y sus puntos de vista sobre el programa de formación STEM. Para cada eje en particular se planteó una serie de preguntas abiertas con el fin de permitir que los docentes expresaran sus opiniones de manera detallada, lo que ayudó a completar la recopilación de datos cualitativos. Las entrevistas se llevaron a cabo en persona y duraron aproximadamente una hora para cada participante. Todos ellos fueron grabados en audio y transcritos con el permiso de los profesores. El análisis y la codificación se llevaron a cabo con el software Atlas.ti.

El proceso de análisis de las entrevistas siguió el esquema de codificación abierta y axial (Strauss & Corbin, 2002). Esto permitió identificar temas recurrentes en las respuestas de los docentes. Las categorías emergentes fueron analizadas en relación con los cinco ejes temáticos definidos en el guion de la entrevista.

1.1.3. Diseño del programa de formación en educación con enfoque STEM

El diseño del programa de formación docente en educación con enfoque STEM, se desarrolló mediante un proceso de investigación acción participativa, el cual involucró a los docentes en todas las fases del diseño y desarrollo. Este proceso se basó en los hallazgos obtenidos a partir del análisis documental y las entrevistas semiestructuradas, integrando tanto las necesidades formativas identificadas como las barreras y oportunidades propias del contexto.

2. Resultados

2.1. Análisis documental

Se revisaron un total de 45 documentos que proporcionaron información de base para la comprensión y el diseño del programa de formación docente en enfoque STEM. Se organizaron tres grupos: literatura académica,

políticas públicas y normativas internacionales e informes técnicos. Con respecto a la literatura académica, se seleccionaron 20 libros y 15 artículos científicos centrados en la formación de docentes y el enfoque STEM. Sumado a lo anterior, se analizaron 10 informes técnicos de organismos internacionales (tabla 1).

Tabla 1. Listados de documentos analizados. Elaboración propia.

Nombre del documento	Tipo de Documento	Autor
Advances in STEM Education: An International Perspective	Libro	(Anderson & Li, 2019)
Critical, Transdisciplinary and Embodied Approaches in STEM Education	Libro	(Sengupta et al., 2020)
Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics	Libro	(Loucks-Horsley & Stiles, 2009)
Developing Mathematical Proficiency for Elementary Instruction	Libro	(Li & Howe, 2021)
Developing Teacher Leaders in STEM Education	Libro	(Davis & Davis, 2020)
Disciplinary and Interdisciplinary Education in STEM	Libro	(Li et al., 2020)
From STEM to STEAM: Brain-Compatible Strategies and Lessons That Integrate the Arts	Libro	(Sousa, 2018)
Innovative Strategies for Science and Mathematics Education in Urban Schools	Libro	(Smith & Brown, 2018)
Making Sense of Mathematics for Teaching the Small Group	Libro	(Dixon & Nolan, 2019)
Pedagogical Content Knowledge in STEM: Research to Practice	Libro	(Uzzo et al., 2018)
STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research	Libro	(M. A. Honey et al., 2014)
STEM Learning with Young Children: Inquiry Teaching with Ramps and Pathways	Libro	(Counsell, 2017)
STEM Road Map: A Framework for Integrated STEM Education	Libro	(C. C. Johnson et al., 2015)
STEM by Design: Strategies and Activities for Grades 4-8	Libro	(Jolly, 2016)
Teaching Elementary STEM Education: Unpacking Standards and Implementing Practice-Based Pedagogy	Libro	(Cianca, 2019)
Teaching and Learning STEM: A Practical Guide	Libro	(Felder et al., 2009)

Advances in STEM Education: An International Perspective	Libro	(Anderson & Li, 2019)
Critical, Transdisciplinary and Embodied Approaches in STEM Education	Libro	(Sengupta et al., 2020)
Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics	Libro	(Loucks-Horsley & Stiles, 2009)
Developing Mathematical Proficiency for Elementary Instruction	Libro	(Li & Howe, 2021)
Teachers' perceptions of STEM integration and education: A systematic literature review	Artículo	(Wang H.-H., 2011)
Challenges and opportunities for STEM education in urban schools	Artículo	(Margot K., 2019)
Professional development for STEM teachers: A review of the literature	Artículo	(Kelly A., 2016)
Implementing integrated STEM education: Teacher perceptions and practices	Artículo	(Shernoff D. J., 2017)
STEM education in the primary years to support mathematical thinking: STEM projects in an Australian setting	Artículo	(English, 2016a)
Formación docente en STEM y su impacto en la enseñanza de las ciencias	Artículo	(López M., 2018)
Urban teachers' use of culturally relevant pedagogy to promote STEM education	Artículo	(C. Johnson, 2012)
Barriers and solutions to achieving integration in K-12 STEM education	Artículo	(Stohlmann M., 2012)
Percepciones de docentes sobre la implementación de STEM en ciudades medianas	Artículo	(Fernández A., 2017)
Teacher professional development in teaching and learning STEM	Artículo	(Kennedy T. J., 2014)
STEM education and literacy: A natural fit	Artículo	(Zollman, 2012)
Formación continua de docentes en STEM y su repercusión en el aula	Artículo	(Vega N., 2019)
STEM education in urban schools: The role of teachers' beliefs and attitudes	Artículo	(Williams P., 2015)
Educación STEM en ciudades con poblaciones intermedias: Retos y oportunidades	Artículo	(Hernández J., 2020)
Integración de tecnología en la formación docente para STEM	Artículo	(Sánchez D., 2018)
Cracking the code: Girls' and women's education in STEM	Informes Técnicos	(UNESCO, 2017)
PISA 2015 results (Volume I): Excellence and equity in education	Informes Técnicos	(OCDE, 2016b)
Education 2030: Incheon declaration and framework for action	Informes Técnicos	(UNESCO, 2015)

	Informes	
Science, technology and innovation in cities	Técnicos	(Mundial, 2018)
	Informes	
Transforming education: The power of ICT policies	Técnicos	(UNESCO, 2011)
	Informes	(Government,
STEM education for all young Australians: A bright future	Técnicos	2018)
	Informes	
Innovating education and educating for innovation: The power of digital technologies and skills	Técnicos	(OCDE, 2016a)
	Informes	
Educational policy recommendations for the integration of STEM	Técnicos	(Europea, 2015)
	Informes	
Guide to implementing the next generation science standards	Técnicos	(Council, 2015)
	Informes	
Global report on science, technology and innovation policy	Técnicos	(UNESCO, 2020)

De los documentos analizados, emergieron cinco categorías de análisis. Para el caso de la literatura académica, el elemento más recurrente fue “competencias docentes en STEM”; en las políticas públicas “las estrategias pedagógicas innovadoras”; y en los informes técnicos “la inclusión de la educación STEM” (figura 1). Para los documentos académicos, el desarrollo de competencias docentes es un factor determinante. Esto podría deberse al interés conjunto de mejorar el aprendizaje directo de los docentes alrededor del enfoque, e indirecto de los estudiantes. Los resultados también muestran que la inclusión no es un elemento, por lo pronto crítico en los procesos de formación docente.

En relación a los documentos de políticas públicas, la tendencia hacia el desarrollo de estrategias pedagógicas innovadoras, podría explicarse más desde una óptica publicitaria para la implementación de experiencias STEM, identificándose más como una moda existente en diversas políticas educativas de los estados. Contrario a esto, existe una tendencia mínima, casi inexistente a la generación de programas de formación docente en ciudades intermedias. Por su parte, los informes técnicos hacen mayor énfasis en la inclusión de la educación STEM,

específicamente lo relacionado con la equidad de género, justificado por el poco interés de las mujeres en la elección de carreras STEM (Clark et al., 2021; Schmader, 2023; Wang & Degol, 2017). es notable identificar el poco interés en los informes técnicos para el desarrollo de competencias docentes en STEM.

En los tres grupos de documentos, fueron las categorías “políticas públicas de apoyo” y “estrategias pedagógicas innovadoras” las que más coocurrencias presentaron. No obstante, en relación a las políticas públicas de apoyo, la referencia más recurrente estaba relacionada a la falta de recursos tecnológicos, así como a la infraestructura educativa inadecuada. Por su parte, la categoría “desafíos de ciudades intermedias” fue la que presentó menor coocurrencia, dado que la mayoría de los documentos se escriben bajo el imaginario de las grandes ciudades, generando un terreno de investigación bajo esta categoría, en la que se espera se generen procesos de formación y resultados más contextualizados.

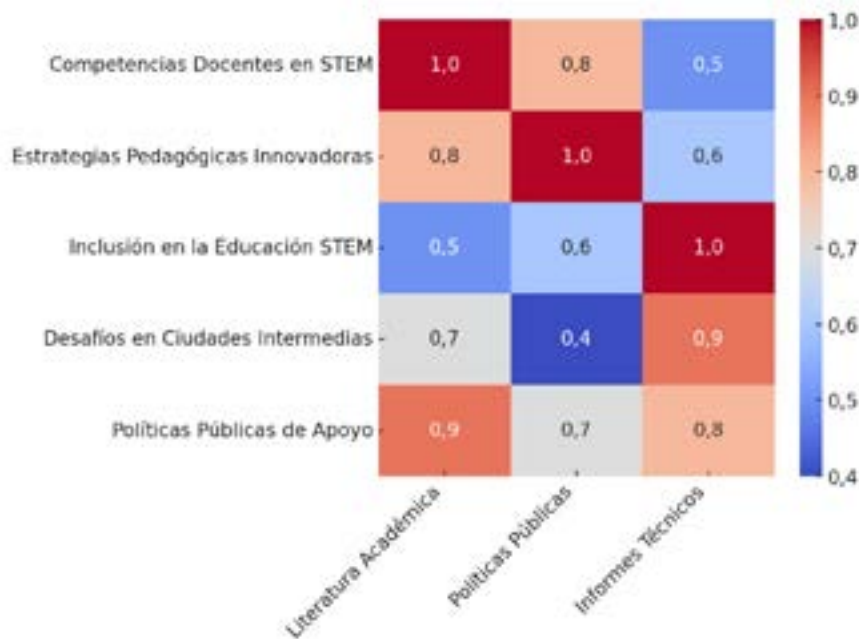


Figura 1. Matriz de relación: categorías y hallazgos en el programa STEM. Elaboración propia.

2.2. Entrevistas Semiestructuradas

El análisis de las respuestas de los docentes muestra un marcado interés por adquirir formación alrededor de las competencias docentes en STEM, especialmente a las relacionadas con la integración de las disciplinas, la que consideraron es la mayor dificultad encontrada desde la planeación, la ejecución o la práctica pedagógica y la evaluación. Así mismo, consideraron necesario la formación en competencias digitales tecnológicas, que, para su criterio, son esenciales para su desarrollo profesional. De la misma manera, es para ellos importante una formación en metodologías activas para la enseñanza, como lo son el aprendizaje basado en proyectos y en problemas (figura 2).

Por otro lado, la alta frecuencia de respuestas frente a los “recursos pedagógicos” es coherente con lo encontrado en el análisis documental, en la que los docentes consideran que hay una falta total de acceso a la tecnología necesaria para la implementación del enfoque. Sumado a esto, lo cual relacionan al contexto de una ciudad

intermedia, consideran también como barrera u obstáculo, la falta de una infraestructura adecuada y aspectos culturales. Esto último, relacionado a la resistencia al cambio por parte de algunos docentes y directivos en sus instituciones.

En relación a las expectativas, los docentes consideran que, para el caso de la ciudad intermedia, no observan en el corto plazo soluciones viables que permitan superar los obstáculos descritos. No obstante, tienen mucho interés en hacer parte de programas de formación docente, con el objetivo de encontrar la forma de disminuir las barreras existentes y consideran importante la creación de redes de apoyo interinstitucional para el logro de este objetivo.



Figura 2. Percepciones de docentes sobre la implementación del enfoque STEM en ciudades intermedias. Elaboración propia.

2.3. Diseño del Programa de formación docente en educación con enfoque STEM

A partir de lo encontrado se proponen dos ejes temáticos para el programa de formación, que se consideran claves. El de competencias docentes en STEM y el módulo de metodologías y recursos didácticos. Se consideró oportuno previo al diseño final, fijar un perfil teórico y conceptual del programa de formación, así como las competencias generales y específicas que se desarrollarían en el mismo, para finalmente definir el tipo de evaluación y los módulos de formación.

Perfil teórico conceptual del programa de formación

Para esta sección de la investigación, se consideró oportuno identificar el alcance del programa de formación. Para esto se identificaron variables y componentes teóricos y conceptuales que se consideraron “necesarios” revisar y, posteriormente, elegir para la construcción de módulos de formación acordes a las necesidades de formación encontradas y su posterior implementación (tabla 2).

Tabla 2. Variables y componentes teóricos/conceptuales evaluados para el diseño del programa de formación docente en educación con enfoque STEM. Elaboración propia.

VARIABLES				
	Paradigmas	Perspectivas	Fases	Modelo
Componentes	Modelo de formación tradicional o clásico.	Académica	Inicial de formación básica y socialización profesional	Formación orientada individualmente
	Modelo Racional-técnico (tecnológico)	Técnica	Inducción profesional y socialización en la práctica	Observación/evaluación
	Modelo Constructivista	Práctica	Perfeccionamiento	Desarrollo y mejora
	Modelo Crítico Social	Reflexión en la práctica para la reconstrucción social		Entrenamiento o institucional
				Investigación o indagativo

El programa de formación se estructuró para atender a docentes en servicio. Se basó en un paradigma cuyo modelo de formación es constructivista (Imbernón, 1998), que posee características abiertas y flexibles (Carretero, 2021), en el que el aprendizaje es auto estructurante, dependiente del desarrollo cognitivo, que parte de los conocimientos previos, con una reconstrucción de los saberes culturales y con aprendizajes facilitados por la mediación y la interacción de terceros (Díaz & Hernández, 1999). Las bases de este modelo se encuentran en los aportes teóricos de Piaget (constructivismo psicogenético), Vygotsky (constructivismo socio-cultural) y Ausubel (aprendizaje significativo) (Céspedes, 2016).

En relación a las perspectivas de la formación docente, en este ejercicio se asume una perspectiva de reflexión en la práctica para la reconstrucción social. Esta perspectiva, dimensiona al profesor como un profesional autónomo que reflexiona críticamente sobre

su práctica docente y que va en busca de las características que se presentan en los procesos de enseñanza y aprendizaje, en el contexto en el que se desarrolla, de tal manera que su acción reflexiva facilite el desarrollo autónomo de todos los que participan en el proceso educativo (Pérez Gómez, 2008). Es la reflexión la herramienta del modelo constructivista, por lo que se espera de los profesionales reflexivos es que construyan sus propios conocimientos sobre la enseñanza y los verifiquen a través de la práctica (Céspedes, 2016).

Por su parte, al focalizar docentes en servicio, la fase de formación es de perfeccionamiento, en la que predominan las actividades de formación permanente bajo el modelo de desarrollo y mejora (Imbernón, 1994), en la que se identifica una situación problemática, se busca darle una respuesta, que puede ser de manera formal o informal. Desde ese momento se comienza el plan de formación, que puede tener variada

duración y finaliza con la evaluación de los resultados obtenidos.

Por lo anteriormente descrito el programa de formación aquí diseñado se esquematiza en la figura 3.

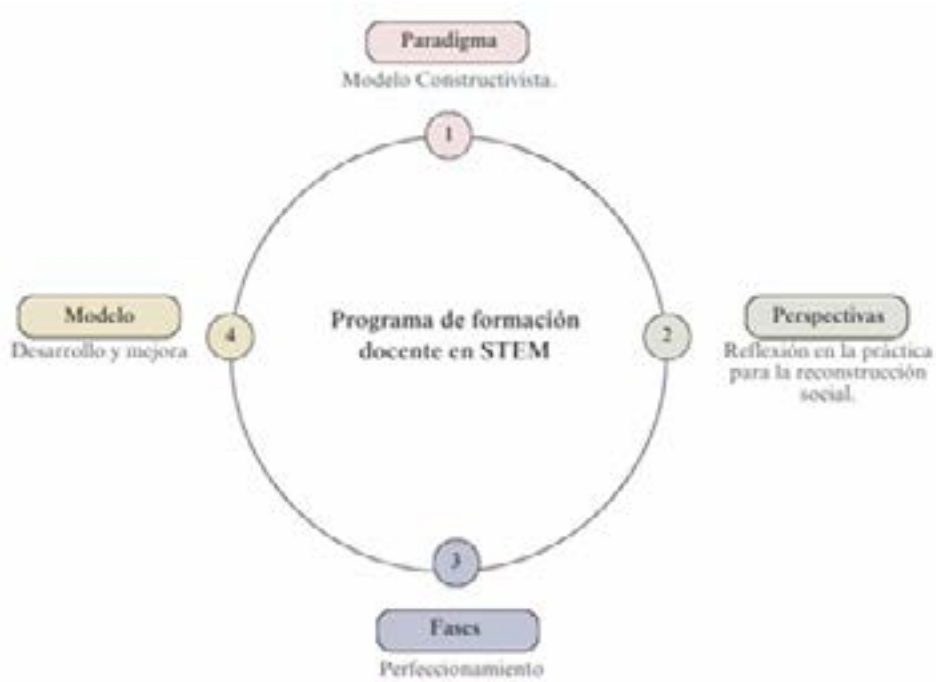


Figura 3. Perfil teórico – conceptual establecido para el diseño del programa de formación en educación con enfoque STEM. Elaboración propia.

1 1 0

Propuesta de competencias generales para desarrollar el programa de formación

Posterior a la determinación del perfil teórico y conceptual del programa, se pasó a la identificación de las competencias a desarrollar

en concordancia a las necesidades identificadas por los docentes y al análisis documental (tablas 3 y 4).

Tabla 3. Competencias generales propuestas en el programa de formación docente en educación con enfoque STEM. Elaboración propia.

Dominios de competencia	Competencias Generales
Características cognitivas	- Identifica conceptos y competencias básicas sobre la educación con enfoque STEM.
Habilidades prácticas	- Diseña secuencias didácticas a partir de los principios de la educación con enfoque STEM - Evalúa y comprende la ocurrencia del aprendizaje a partir de los proyectos STEM
Características afectivas	- Cree en la propia capacidad de mejorar el desempeño de habilidades y de conocimientos personales. - Motiva a su equipo de trabajo para la solución de problemas en contextos locales. - Construye proyectos de clase a partir de los intereses de los estudiantes y propios. - Explica oportunamente secuencias didácticas construidas a partir del enfoque STEM.

1 1 1

Considerando que diversos aspectos teóricos de la educación STEM aún están en discusión (Toma & Retana-Alvarado, 2021), la propuesta desarrollada para el dominio cognitivo como competencia general se basa en los trabajos de Kelley & Knowles (2016) 2005, Martín-Páez et al. (2019) y Aguilera et al. (2021). Las competencias estructuradas para las habilidades prácticas se fundamentan en la idea de que los docentes deben ser capaces de diseñar, planificar

e implementar lecciones que respondan a diversas necesidades de aprendizaje (Copriady, 2014), utilizando estrategias pedagógicas claras que guíen la mejora de la instrucción y la gestión efectiva de la dinámica del aula (Hamdan et al., 2010; Welsh & Schaffer, 2017). Asimismo, deben ser capaces de realizar evaluaciones efectivas; por ello, los docentes deben contar con competencias específicas que aseguren no solo la justicia y efectividad de la evaluación,

sino también una retroalimentación crítica de los resultados (Selvi, 2010). Finalmente, en el dominio de las características afectivas, se estructuraron competencias que impacten positivamente en el interés, la autoeficacia y la motivación, basándose en lo afirmado por

Gardner et al. (2019) y Yildirim et al. (2022), quienes destacan la importancia de desarrollar competencias afectivas debido a su impacto directo en la implementación exitosa de enfoques pedagógicos innovadores.

Tabla 4. Competencias específicas propuestas en el programa de formación docente en educación con enfoque STEM. Elaboración propia.

Competencia Generales	Competencias específicas
Identifica conceptos y competencias básicas sobre la educación con enfoque STEM	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora sus conocimientos sobre la educación con enfoque STEM. - Amplia sus conocimientos del diseño del currículo para propuestas educativas con un enfoque STEM.
Diseña secuencias didácticas a partir de los principios de la educación con enfoque STEM	<ul style="list-style-type: none"> - Planifica lecciones STEM. - Transversaliza y conecta disciplinas STEM. - Identifica nuevas opciones didácticas y estrategias de instrucción. - Identifica nuevas estrategias para las tareas escolares con un enfoque STEM.
Evalúa y comprende la ocurrencia del aprendizaje a partir de los proyectos STEM	<ul style="list-style-type: none"> - Diseña un instrumento para la evaluación de los aprendizajes de sus futuros estudiantes.
Cree en la propia capacidad de mejorar el desempeño de habilidades y de conocimientos personales	<ul style="list-style-type: none"> - Autogestiona su conocimiento con consultas propias, adicionales al programa de formación. - Crea espacios adicionales de prácticas STEM. - Usa diferentes medios para aumentar sus redes de aprendizaje.

Motiva a su equipo de trabajo para la solución de problemas en contextos locales	<ul style="list-style-type: none"> - Identifica con su equipo un problema del contexto. - Asume consensos para la construcción de una alternativa de solución al problema identificado - Trabaja con su equipo de trabajo para la solución de problemas en contextos locales
Construye proyectos de clase a partir de los intereses de los estudiantes y propios	<ul style="list-style-type: none"> - Diseña un proyecto de ingeniería que permita la solución de problemas de contextos locales identificados anteriormente - Implementa un proyecto con diversos elementos y conocimientos de las disciplinas STEM
Explica oportunamente secuencias didácticas construidas a partir del enfoque STEM	<ul style="list-style-type: none"> - Comunica adecuadamente una secuencia didáctica en un micro foro sobre diseño de currículos en educación con enfoque STEM. - Utiliza diversos métodos para demostrar el alcance de sus aprendizajes

La competencia para identificar conceptos y competencias básicas sobre la educación con enfoque STEM, puede considerarse crítica, en relación a que, desde la práctica docente, un concepto mal fundamentado puede afectar el ejercicio mismo del diseño de currículos. Según Kelley y Knowles (2016)2005, los educadores deben tener una comprensión sólida de la naturaleza interdisciplinaria del enfoque STEM, lo que les permite, desde el diseño curricular, integrar de manera oportuna las ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas en el currículo. Sumado a esto, ampliar los conocimientos del diseño curricular, promueven

el desarrollo de experiencias de aprendizaje auténticas y contextualmente relevantes (Martín-Páez et al., 2019).

Por su parte, el diseño de secuencias didácticas, viene en concordancia con lo anterior. Si bien es cierto las competencias del diseño curricular es general para todos los docentes, una secuencia didáctica en STEM requiere la capacidad de conectar diversas disciplinas de manera significativa, para ofrecer a los estudiantes una visión integrada de los conocimientos (Aguilera et al., 2021; English, 2016b). Es este el factor diferenciador del enfoque educativo STEM. Esto

depende en gran medida de la capacidad que tenga el docente para hacer conexiones reales entre las disciplinas. De manera similar, al construir un plan de estudios STEM, es importante identificar nuevos métodos y estrategias de enseñanza que respondan a la necesidad de promover la innovación en la educación, lo que permite a los docentes adaptar sus cursos a las necesidades de la educación. Por su parte, desarrollar herramientas de evaluación, otorga a los profesores formas de medir el aprendizaje (Selvi, 2010). Dichas herramientas deben medir las habilidades que adquieran con el desarrollo de proyectos interdisciplinarios.

Por otro lado, la capacidad del docente de autogestionarse, puede apoyarse desde los procesos formativos otorgando los profesores herramientas, ejemplo, de consulta y organización de la información. Sumado a esto un espacio de apoyo son las alianzas interinstitucionales, que generan espacios de prácticas y de uso compartido de recursos. Esto enseña al docente a buscar y utilizar recursos adicionales para mejorar su práctica, lo que aumenta su capacidad de implementar enfoques innovadores en el aula (Copriady, 2014). Sumado a esto, los espacios de formación brindan la posibilidad de construir y/o usar redes de aprendizaje, lo que le permite a los profesores intercambiar experiencias y aprendizajes, generando momentos de colaboración y crecimiento profesional (Whitworth & Chiu, 2015).

Otro elemento importante del enfoque educativo STEM es el contexto. Los docentes deben tener la capacidad para poder identificar y resolver problemas locales y, con la habilidad de hacerlo a partir de un equipo trabajo. Se según Yıldırım et al. (2022) y Gómez & Suárez (2020), el desarrollo de estas competencias promueve la creatividad y la innovación. Ahora bien, si dichas soluciones contemplan del diseño de proyectos de ingeniería, se abriría el espacio para una comprensión holística del conocimiento y su aplicación práctica en la vida cotidiana. Por último, un desarrollo adecuado de la competencia para comunicar adecuadamente secuencias didácticas, así como, la de utilizar diversos métodos para demostrar el aprendizaje, son fundamentales para el desarrollo profesional docente. Según Gardner et al. (2019), la capacidad de los docentes para comunicar claramente sus ideas y experiencias pedagógicas no solo refuerza su autoeficacia, sino que también contribuye a la difusión de prácticas innovadoras entre sus pares. Los micro foros y espacios de intercambio permiten a los docentes reflexionar sobre sus prácticas y mejorar su diseño curricular basado en STEM. Con todo lo anterior se estructuró un programa de formación para desarrollar en seis semanas con los módulos de que se describen en la tabla 5.

Tabla 5. Módulos propuestos para el programa de formación. Elaboración propia.

Módulo	Descripción
Introducción al enfoque STEM	Visión general de la educación STEM, su importancia en el desarrollo de competencias clave en los estudiantes y las oportunidades para la enseñanza interdisciplinaria.
Herramientas tecnológicas para la enseñanza STEM	Capacitación en el uso de plataformas tecnológicas, software educativo y herramientas digitales que facilitan la enseñanza de STEM en contextos con recursos limitados.
Metodologías activas y aprendizaje basado en proyectos	Formación en el diseño e implementación de proyectos STEM que permita a los docentes aplicar estrategias activas de enseñanza.
Adaptación del currículo STEM al contexto local	Talleres prácticos donde los docentes aprenden a ajustar los contenidos y actividades STEM según las características culturales, económicas y sociales de sus entornos.
Evaluación de aprendizajes en STEM	Estrategias para evaluar el progreso de los estudiantes y medir el impacto de las metodologías STEM en el desarrollo de competencias científicas y tecnológicas.

Definición del tipo de evaluación

Todo programa de formación debe tener un espacio de evaluación. El contexto propuesto para el programa de formación docente en STEM se alinea a los presupuestos teóricos de la evaluación formativa. De acuerdo con Black & William (1998), la evaluación formativa genera una observación continua del proceso de aprendizaje, con la posibilidad de retroalimentar oportunamente a los docentes en formación y así mejorar sus competencias de manera progresiva. De esta manera, la evaluación formativa promueve el desarrollo de habilidades críticas, ya que proporciona información clave sobre las fortalezas y áreas de mejora de los participantes, lo que favorece el aprendizaje autorregulado (Torrance, 2012). Adicional a esto, es necesario identificar durante el proceso

de formación si los participantes alcanzan los desempeños y si están listos para aplicar las competencias en un contexto real. Desde esta perspectiva, se hace necesario complementar la evaluación formativa con la evaluación sumativa. De acuerdo con Marzano (2006) en el contexto de la formación docente, la evaluación sumativa puede tomar la forma de exámenes prácticos, presentaciones o proyectos que demuestren la aplicación de las competencias adquiridas. La forma como se diseña el programa lleva al docente a simular situaciones reales, por lo que, a los dos tipos de evaluación ya descritas se suma la evaluación auténtica. Esta última, evalúa la capacidad de los participantes para aplicar lo aprendido simulando escenarios reales del entorno profesional (Gulikers et al., 2004). Muller (2005) afirma que una buena evaluación no sólo evalúa los conocimientos sino también

la capacidad de transferir y aplicar habilidades en situaciones prácticas, pudiendo así evaluar buenas competencias.

3. Discusión

El diseño del programa de formación docente en educación con enfoque STEM, ha encontrado dos desafíos para su futura implementación: la integración de las disciplinas STEM y el contexto particular de las ciudades intermedias. De acuerdo Roehrig et al. (2022), la dificultad para lograr la integración disciplinaria se asocia con la falta de formación adecuada en metodologías activas, como el aprendizaje basado en proyectos. De hecho, los docentes que participaron en este estudio señalaron que, aunque reconocen la importancia del aprendizaje basado en proyectos, carecen de los recursos y conocimientos para implementarlo. Esta barrera ha sido discutida en investigaciones previas, como las de Bybee (2013), quien argumenta que la falta de recursos y formación adecuada limita la implementación exitosa del enfoque STEM. En este sentido, en la medida que el docente no esté en la capacidad de conectar de manera significativa las ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (Kelley & Knowles, 2016) 2005, se pone en riesgo la viabilidad el enfoque en escenarios reales.

Sumado al desafío de la integración disciplinaria, los docentes demandan la necesidad de adquirir competencias tecnológicas y digitales. Este hallazgo es consistente con lo afirmado por Aguilera et al. (2021), que resalta la necesidad de que los docentes dominen estas herramientas para poder facilitar el aprendizaje STEM. En particular, los docentes expresaron la importancia de conocer y manejar plataformas tecnológicas que permitan adaptar el currículo a las realidades de su ciudad. Sin embargo, la escasez de infraestructura tecnológica constituye en una barrera crítica. Esta situación ya había sido advertida por Honey et al. (2014), la cual genera una enorme desigualdad educativa de

las ciudades intermedias y rurales, con respecto a las grandes urbes.

Lo anterior pone en evidencia la importancia de adaptar los programas de formación docente a las características específicas de las ciudades intermedias. Los resultados obtenidos confirman lo señalado por Brenner (2023) respecto a la necesidad de considerar el contexto local al diseñar programas educativos. De hecho, más allá de las barreras tecnológicas, existen otros retos relacionados a las condiciones socioculturales y la falta de políticas educativas adecuadas. Como en otras situaciones, las políticas tienden a ser diseñadas desde las ciudades capitales de los países o alguna otra de sus grandes urbes, que cuentan con escenarios muy diferentes a los que las ciudades intermedias contando con menos recursos y apoyos interinstitucionales. Por este motivo, los programas de formación deben considerar las redes de colaboración dentro de sus territorios

Por último, se destacó la importancia de fomentar en los docentes una reflexión crítica sobre su propia práctica, lo que concuerda con la perspectiva constructivista que fundamenta este programa de formación y es coherente a lo propuesto por Pérez Gómez, (2008). Al promover una reflexión continua y una autoevaluación, los docentes no solo mejoran su práctica pedagógica, sino que también contribuyen a la creación de una comunidad educativa más autónoma y responsable. Este enfoque reflexivo es fundamental para responder a las necesidades cambiantes de los contextos educativos, especialmente en ciudades intermedias, donde la adaptabilidad y la auto eficiencia es un factor determinante (Céspedes, 2016).

4. Conclusiones

El diseño del programa de formación docente en educación STEM, propuesto en este documento, expone, como principal reto, conseguir generar en el docente su capacidad integradora, con un aspecto adicional, el de conseguirlo en una ciudad intermedia. Se concluye que, la capacidad para integrar oportunamente las disciplinas STEM, está relacionado a la ausencia de procesos de formación pertinentes. Este resultado es consistente con observaciones previas de Bybee (2013) y Margot y Kettler (2019), quienes confirmaron que los programas de formación docente en STEM no tienen el impacto suficiente para implementar eficazmente métodos de enseñanza en el aula. Esta investigación identifica que la pertinencia de los procesos de formación, debe considerar las características geográficas, culturales y económicas de las regiones o contextos en los cuales se desarrollan, generando, de hecho, nuevos nichos de investigación, con lo que se espera se construyan conocimiento apropiados para los territorios.

En el mismo contexto de las ciudades intermedias, se ha detectado que las condiciones de la infraestructura física y tecnológica es una barrera en los procesos de formación e implementación de los aprendizajes en el aula, especialmente cuando una de las necesidades demandadas por los docentes es el fortalecimiento de las habilidades tecnológicas y digitales. De hecho, los participantes del estudio mostraron gran inquietud por la ausencia de infraestructura tecnológica y recursos didácticos, lo que les impide desarrollar prácticas pedagógicas basadas en STEM debido a la falta de medios. El análisis documental pone en evidencia que las ciudades intermedias tienen una particular marginalización, es decir, que las políticas educativas que parecen centrarse principalmente en áreas metropolitanas no abordan el alcance de estas regiones.

En este sentido, del estudio surge la importante necesidad de decantar conceptos de formación docente de acuerdo al contexto. Romeiro y Méndez (2008) sostienen que el potenciamiento de las capacidades docentes en las ciudades intermedias, lleva a la necesidad de un cambio de dirección donde aspectos como la auto eficiencia, suplan las marcadas deficiencias tecnológicas, dando un uso inteligente a los recursos disponibles en el entorno.

Por otro lado, el enfoque constructivista, utilizado en el diseño del programa de formación propuesto, resalta la importancia de la reflexión crítica en la práctica docente. Lo encontrado en este estudio sugiere que la reflexión, es una herramienta útil para que los docentes construyan sus propios conocimientos sobre la enseñanza STEM, especialmente en contextos como el que ya se ha descrito. Este resultado coincide con los obtenidos en los trabajos de Pérez Gómez (2008) y Céspedes (2016). En este sentido, el modelo de desarrollo profesional propuesto es funcional en la medida que los docentes pueden adaptar sus prácticas docentes a sus contextos.

De manera complementaria, este estudio destaca el papel de las metodologías activas, como el aprendizaje basado en proyectos, en la formación STEM. Aunque autores como Reig Martínez et al. (2016) ya han discutido la efectividad del aprendizaje basa en proyectos en la educación STEM, los resultados de este estudio sugieren que los docentes de ciudades intermedias necesitan apoyo adicional en el diseño e implementación de proyectos interdisciplinarios que sean relevantes para su contexto local. Este aspecto es fundamental, ya que, como sostiene Aguilera et al. (2021), la capacidad de los docentes para diseñar secuencias didácticas efectivas depende en gran medida de su comprensión y dominio de las metodologías activas, las cuales fomentan el pensamiento crítico y la resolución de problemas en los estudiantes.

Finalmente, los resultados de este estudio resaltan la necesidad urgente de desarrollar programas sostenibles de formación de docentes STEM que sean relevantes para los contextos urbanos. Estos hallazgos brindan nuevas oportunidades para investigaciones futuras, particularmente en el desarrollo de planes de estudio relevantes a nivel local y la creación de redes de colaboración que permitan a los docentes compartir sus hallazgos y experiencias.

5. Referencias bibliográficas

- Aguilera, D., Perales, F., Lupiáñez, J., & Vilchez, J. (2021). ¿Qué es la Educación STEM? Definición basada en la revisión de la literatura. *ResearchGate, February*.
- Anderson, J., & Li, Y. (Eds.). (2019). *Advances in STEM Education: An International Perspective*. Springer.
- Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *International Journal of Phytoremediation*, 21(1), 7–74. <https://doi.org/10.1080/0969595980050102>
- Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27–40. <https://doi.org/10.3316/QRJ0902027>
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What Is STEM? A Discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3–11. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x>
- Brenner, D. (2023). Place Matters: Preparing STEM Teachers for Rural Schools. *Frontiers in Education*, 11(Article 560), 1–22. <https://doi.org/Insert the DOI if available>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*.
- Carretero, M. (2021). *Constructivismo y educación*. Tilde editora.
- Céspedes, R. C. L. (2016). Diseño, aplicación y evaluación de un programa de formación de profesores tutores de prácticum de centro escolar, en la carrera de pedagogía en historia y ciencias sociales de una universidad chilena. *TDX (Tesis Doctorals En Xarxa)*, 1 recurs electrònic (350). <http://www.tdx.cat/handle/10803/370836%0Ahttp://hdl.handle.net/2445/97222>
- Cianca, S. (2019). *Teaching Elementary STEM Education: Unpacking Standards and Implementing Practice-Based Pedagogy*. Routledge.
- Clark, S., Dyar, C., Inman, E., Maung, N., & London, B. (2021). Women's career confidence in a fixed, sexist STEM environment. *International Journal of STEM Education*, 8. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00313-z>
- Copriady, J. (2014). Teachers competency in the teaching and learning of chemistry practical. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 5(8), 312–318. <https://doi.org/10.5901/mjss.2014.v5n8p312>
- Council, N. R. (2015). *Guide to implementing the next generation science standards*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18802>
- Counsell, S. (2017). *STEM Learning with Young Children: Inquiry Teaching with Ramps and Pathways*. Teachers College Press.
- Darling-Hammond, L., Wechsler, M., Levin, S., Leung-Gagné, M., Tozer, S., & Campoli, A. (2023). *Principal Professional*

- Development* (pp. 44–64). <https://doi.org/10.4324/9781003380450-3>
- Davis, E. A., & Davis, B. (Eds.). (2020). *Developing Teacher Leaders in STEM Education*. Springer.
- Díaz, F., & Hernández, G. (1999). Estrategias para un aprendizaje significativo: Una interpretación constructivista. *McGraw-Hill*.
- Dixon, J., & Nolan, E. (2019). *Making Sense of Mathematics for Teaching the Small Group*. Solution Tree Press.
- Elliott, J. (1991). *Action Research for Educational Change. Developing teachers and teaching*. <https://books.google.com/books?id=TX5EBgAAQBAJ&pgis=1>
- English, L. D. (2016a). STEM education in the primary years to support mathematical thinking: STEM projects in an Australian setting. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-8>
- English, L. D. (2016b). STEM education K-12: perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Europea, C. (2015). *Educational policy recommendations for the integration of STEM*. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication>
- Felder, R. M., Celanese, H., & Brent, R. (2009). Active Learning: an Introduction. *ASQ Higher Education Brief*, 2(4), 1–5.
- Fernández A., & G. S. (2017). Percepciones de docentes sobre la implementación de STEM en ciudades medianas. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 19(3), 45–60.
- Flick, U. (2004). Investigación cualitativa: relevancia, historia y rasgos. *Introducción a La Investigación Cualitativa*, 16–51.
- Flick, U. (2022). *An Introduction to Qualitative Research*. SAGE Publications. <https://books.google.com.co/books?id=RR1tEAAAQBAJ>
- Gardner, K., Glassmeyer, D., & Worthy, R. (2019). Impacts of STEM Professional Development on Teachers' Knowledge, Self-Efficacy, and Practice. *Frontiers in Education*, 4(April), 1–10. <https://doi.org/10.3389/educ.2019.00026>
- Gibbs, G. R. (2018). *Analyzing Qualitative Data* (Second). <https://doi.org/10.4135/9781526441867>
- Gómez, R. L., & Suárez, A. M. (2020). Do inquiry-based teaching and school climate influence science achievement and critical thinking? Evidence from PISA 2015. *International Journal of STEM Education*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00240-5>
- Government, A. (2018). *STEM education for all young Australians: A bright future*. <https://www.education.gov.au/bright-future-stem-education>
- Gulikers, J. T. M., Bostiaens, T. J., & Kirschner, P. A. (2004). A five-dimensional framework for authentic assessment. In *Educational Technology Research and Development* (Vol. 52, Issue 3, pp. 67–86). <https://doi.org/10.1007/BF02504676>
- Hamdan, A. R., Abdul Ghafar, M. N., & Li, L. T. H. (2010). Teaching competency testing among Malaysian school teachers. *European Journal of Social Sciences*, 12, 610–617.

- Hernández J., & M. E. (2020). Educación STEM en ciudades con poblaciones intermedias: Retos y oportunidades. *Revista de Educación STEM*, 8(2), 45–63.
- Honey, M. A., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). STEM integration in K-12 education: status, prospects, and an agenda for research. In *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18612>
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). STEM Integration in K-12 Education. <https://doi.org/10.17226/18612>
- Imbernón, F. (1994). *La formación y el desarrollo profesional del profesorado: hacia una nueva cultura profesional* (Vol. 119). Graó.
- Imbernón, F. (1998). La formación docente y el desarrollo profesional del profesorado. *Hacia Una Nueva Cultura Magisterial*, GRAO, Barcelona, 31.
- Johnson, C. (2012). Urban teachers' use of culturally relevant pedagogy to promote STEM education. *Journal of Urban Learning, Teaching, and Research*, 8, 48–58.
- Johnson, C. C., Peters-Burton, E. E., & Moore, T. J. (Eds.). (2015). *STEM Road Map: A Framework for Integrated STEM Education*. Routledge.
- Jolly, A. (2016). *STEM by Design: Strategies and Activities for Grades 4-8*. Routledge.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. In *International Journal of STEM Education* (Vol. 3, Issue 1). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kelly A., & K. J. (2016). Professional development for STEM teachers: A review of the literature. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1–22. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0034-x>
- Kennedy T. J., & O. M. R. L. (2014). Teacher professional development in teaching and learning STEM. *Journal of Science Education and Technology*, 23(3), 387–405. <https://doi.org/10.1007/s10956-013-9479-1>
- Kvale, S. (2007). *Doing Interviews*. <https://doi.org/10.4135/9781849208963>
- Li, Y., & Howe, R. E. (Eds.). (2021). *Developing Mathematical Proficiency for Elementary Instruction*. Springer.
- Li, Y., Zeng, Z., & Song, N. (Eds.). (2020). *Disciplinary and Interdisciplinary Education in STEM*. Springer.
- López M., & R. P. (2018). Formación docente en STEM y su impacto en la enseñanza de las ciencias. *Revista de Educación En Ciencias*, 19(2), 345–361.
- Loucks-Horsley, S., & Stiles, K. (2009). *Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics*. Corwin Press.
- Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B., & Roberts, K. (2013). *STEM: Country comparisons*. June, 178. https://doi.org/ISBN_978_0_9875798_0_5
- Margot K., & K. T. (2019). Challenges and opportunities for STEM education in urban schools. *Urban Education*, 54(4), 463–495. <https://doi.org/10.1177/0042085918770723>
- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *International Journal of STEM Education*,

- 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. In *Science Education* (Vol. 103, Issue 4, pp. 799–822). <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Marzano, R. J. (2006). Classroom assessment and grading that work. In *Association for Supervision and Curriculum Development*.
- Mueller, J. (2005). The Authentic Assessment Toolbox, Enhancing Student Learning Through Online. *Journal of Online Learning and Teaching*, 1(1), 1–7.
- Mundial, B. (2018). *Science, technology and innovation in cities*. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/450041531279098532>
- Nadelson, L. S., & Seifert, A. L. (2017). Integrated STEM defined: Contexts, challenges, and the future. *Journal of Educational Research*, 110(3), 221–223. <https://doi.org/10.1080/00220671.2017.1289775>
- OCDE. (2016a). *Innovating education and educating for innovation: The power of digital technologies and skills*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264265097-en>
- OCDE. (2016b). *PISA 2015 results (Volume I): Excellence and equity in education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264266490-en>
- Pérez Gómez, Á. I. (2008). La función y formación del profesor/a en la enseñanza para la comprensión: diferentes perspectivas. *Comprender y Transformar La Enseñanza. (Pedagogía)*, 398–429.
- Reig Martínez, E., Goerlich Gisbert, F. J., & Cantarino Martí, I. (2016). Delimitación de áreas rurales y urbanas a nivel local. In *FBBVA - Informe Técnico* (Issue enero). <http://www.fbbva.es/TLFU/tfu/esp/publicaciones/informes/fichainforme/index.jsp?codigo=818>
- Roehrig, G. H., Rouleau, M. D., Dare, E. A., & Ring-Whalen, E. (2022). Uncovering Core Dimensions of K-12 Integrated STEM. *Research in Integrated STEM Education*, 1, 1–25. <https://doi.org/10.1163/27726673-00101004>
- Romeiro, P., & Méndez, R. (2008). *Las ciudades del conocimiento: revisión crítica y posibilidades de aplicación a las ciudades intermedias*.
- Sánchez D., & P. G. (2018). Integración de tecnología en la formación docente para STEM. *Revista Iberoamericana de Tecnologías Del Aprendizaje*, 13(1), 123–135. <https://doi.org/10.1109/RITA.2018.2809945>
- Schmader, T. (2023). Gender Inclusion and Fit in STEM. *Annual Review of Psychology*, 74. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-032720-043052>
- Selvi, K. (2010). Teachers' competencies. *Cultura. International Journal of Philosophy of Culture and Axiology*, 7(1), 167–175. <https://doi.org/10.5840/cultura20107133>
- Sengupta, P., Shanahan, M.-C., & Kim, B. (Eds.). (2020). *Critical, Transdisciplinary and Embodied Approaches in STEM Education*. Springer.

- Shernoff D. J., S. S. B. D. M. & G. L. (2017). Implementing integrated STEM education: Teacher perceptions and practices. *School Science and Mathematics*, 117(1–2), 57–76. <https://doi.org/10.1111/ssm.12200>
- Shulman, L. (2005). Conocimiento y enseñanza: Fundamentos de la nueva reforma. *PROFESORADO*, 9.
- Smith, A., & Brown, B. (2018). *Innovative Strategies for Science and Mathematics Education in Urban Schools*. Springer.
- Sousa, D. A. (2018). *From STEM to STEAM: Brain-Compatible Strategies and Lessons That Integrate the Arts*. Corwin.
- Stohlmann M., M. T. J. & R. G. H. (2012). Barriers and solutions to achieving integration in K-12 STEM education. *Journal of STEM Teacher Education*, 47(1), 29–43. <https://doi.org/10.30707/JSTE47.1Stohlmann>
- Strauss, A., & Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Universidad de Antioquia. <https://books.google.com.co/books?id=TmgvTb4tiR8C>
- Toma, & Retana-Alvarado, D. A. (2021). Mejora de las concepciones de maestros en formación de la educación STEM. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(1), 15–33. <https://doi.org/10.35362/rie8714538>
- Torrance, H. (2012). Formative assessment at the crossroads: conformance, deformative and transformative assessment. *Oxford Review of Education*, 38(3), 323–342. <https://doi.org/10.1080/03054985.2012.689693>
- UNESCO. (2011). *Transforming education: The power of ICT policies*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000193561>
- UNESCO. (2015). *Education 2030: Incheon declaration and framework for action*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245656>
- UNESCO. (2017). *Cracking the code: Girls' and women's education in STEM*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000253479>
- UNESCO. (2020). *Global report on science, technology and innovation policy*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373626>
- Uzzo, S. M., Graves, S. B., & Shay, E. (Eds.). (2018). *Pedagogical Content Knowledge in STEM: Research to Practice*. Springer.
- Vega N., & R. L. (2019). Formación continua de docentes en STEM y su repercusión en el aula. *Revista Latinoamericana de Educación*, 45(4), 123–138.
- Wang H.-H., M. T. R. G. & P. M. (2011). Teachers' perceptions of STEM integration and education: A systematic literature review. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 12(2), 23–37.
- Wang, M. Te, & Degol, J. (2017). Gender Gap in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM): Current Knowledge, Implications for Practice, Policy, and Future Directions. *Educational Psychology Review*, 29. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9355-x>
- Welsh, K., & Schaffer, C. (2017). Developing the Effective Teaching Skills of Teacher Candidates During Early Field Experiences. *The Educational Forum*, 81, 301–321. <https://doi.org/10.1080/00131725.2017.1314574>

- Whitworth, B. A., & Chiu, J. L. (2015). *Professional development and teacher change: The missing leadership link*. *Journal of science teacher education*, 26, 121–137.
- Williams P., & K. H. (2015). STEM education in urban schools: The role of teachers' beliefs and attitudes. *Urban Review*, 47(2), 381–402. <https://doi.org/10.1007/s11256-014-0311-0>
- Yip, V. W. Y., & Leung, P. K. Y. (2022). Pre-service STEM teacher education. In *International Encyclopedia of Education: Fourth Edition*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818630-5.13046-5>
- Yıldırım, B., Akcan, A. T., & Öcal, E. (2022). Teachers' Perceptions and Stem Teaching Activities: Online Teacher Professional Development and Employment. *Journal of Baltic Science Education*, 21(1), 84–107. <https://doi.org/10.33225/jbse/22.21.84>
- Zollman, A. (2012). STEM education and literacy: A natural fit. *Middle School Journal*, 43(5), 7–15. <https://doi.org/10.1080/00940771.2012.11461816>