



## *Metodología de formación docente en STEM: ruta para su integración en la educación básica y media*

### *STEM Teacher Training Methodology: A Pathway for Its Integration in Primary and Secondary Education*

-   Ferney Orlando Amaya-Fernández (F.O.A.-F.); Universidad Pontificia Bolivariana (Colombia)
-   Olga Lucia Agudelo Velásquez (O.L.A.V.); Universitat de les Illes Balears (España)
-   Lina Maria Cano Vasquez (L.M.C.V.); Universidad Pontificia Bolivariana (Colombia)
-   Isabel Cristina Angel Uribe (I.C.A.U.); Universidad Pontificia Bolivariana (Colombia)

#### RESUMEN

En una era en la que la tecnología y la ciencia están en constante avance, formar docentes en educación STEM es crucial para la preparación de los estudiantes en función de los trabajos del futuro. El artículo describe el diseño e implementación de una metodología formativa para integrar la educación STEM en establecimientos educativos de básica y media. La metodología incluye elementos de Pensamiento de Diseño, metodologías activas, la integración de tecnologías educativas, además de la investigación Basada en Diseño. Los resultados sugieren un aumento en la motivación y participación de los estudiantes. Los docentes sintieron estar mejor equipados con herramientas pedagógicas y tecnológicas, que favoreció la enseñanza activa y la solución de problemas en el aula.

Sin embargo, surgieron desafíos durante el proceso. Se identificaron barreras para integrar el enfoque STEM en los currículos existentes. Se refleja la necesidad de estrategias para un desarrollo profesional continuo, que incluyan mecanismos para la integración curricular y estrategias para el trabajo colaborativo entre docentes. La metodología es replicable, lo que significa que se puede adaptar y transferir a diferentes contextos educativos y ser implementada a mayor escala haciendo ajustes según el contexto particular de cada institución

#### ABSTRAC

*In an era where technology and science are constantly advancing, training teachers in STEM education is crucial for preparing students for future jobs. This article describes the design and implementation of a formative methodology to integrate STEM education in elementary and secondary schools. The methodology incorporates elements of Design Thinking, active learning methodologies, and integrating educational technologies to address complex problems. The results suggest that the implemented methodology increased student motivation and participation. Teachers felt better equipped with pedagogical and technological tools, facilitating active teaching and problem-solving in the classroom.*

*However, several challenges also emerged during the process. Barriers were identified when teachers integrated the STEM approach into existing curricula. The strategies for ongoing professional development are highlighted, including specific mechanisms for curricular integration and strategies to foster collaborative work among teachers. The methodology proved to be replicable, meaning it can be adapted and transferred to different educational contexts and scaled up by adjusting according to each institution's specific context.*

#### PALABRAS CLAVE - KEYWORDS

Metodologías activas, tecnología educativa, pensamiento de diseño, formación STEM

*Active Methodologies, Educational Technology, Design Thinking, STEM Education*



## 1. INTRODUCCIÓN

La implementación de la educación STEM (por las siglas en inglés de *Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) es un desafío académico y administrativo al requerir un marco que integre las diferentes disciplinas (National Academy of Engineering and National Research Council, 2014). Este enfoque permite abordar problemas complejos, innovar, fomentar el pensamiento crítico, y mejorar habilidades como la resolución de problemas y la creatividad. La naturaleza interdisciplinar de la educación STEM mejora los resultados de aprendizaje (Sarican y Akgunduz, 2018) y aumenta el interés y compromiso de los estudiantes (Struyf et al., 2019). Al mismo tiempo contribuye al fortalecimiento de la práctica docente, una percepción que los docentes comparten al considerar que enriquece el proceso de aprendizaje de sus estudiantes (Margot y Kettler, 2019; Cardetti y Orgnero, 2013).

Para lograrlo, es necesario integrar metodologías activas con potencial para promover un aprendizaje interdisciplinar a partir de STEM (Macancela-Coronel et al., 2020), entre ellas, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), el Pensamiento de Diseño (en inglés *Design Thinking*) y la articulación de herramientas digitales. ABP involucra a los estudiantes en la resolución de problemas situados del mundo real de manera colaborativa y contextualizada (Domènech-Casal, 2018). El Pensamiento de Diseño, con un enfoque centrado en el usuario, promueve la creatividad y la empatía, además de la generación de ideas innovadoras (Arifin y Mahmud, 2021). Las herramientas digitales en entornos de aprendizaje interactivo han demostrado mejorar la participación de los estudiantes, lo que impacta positivamente en los logros académicos (Cheng y Chau, 2014). Estas herramientas permiten diversificar, dinamizar y personalizar las experiencias de aprendizaje (Wang y Hannafin, 2005; Castañeda et al., 2020; Sánchez, 2023).

La integración de metodologías activas con STEM, permite fomentar la problematización, la experimentación, crea un ambiente para la construcción de conocimiento y el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, creativo e innovador (Benites y Barzallo, 2019). STEM desde edades tempranas (Fuertes y Fernández, 2023) prepara a los estudiantes para carreras en campos emergentes (Moomaw, 2013) y promueve la comprensión del mundo que los rodea, capacitando para enfrentar los desafíos globales con soluciones innovadoras.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) estima que para el 2050 el 75% de los puestos de trabajo corresponderá con áreas STEM (Diaz 2023). En Colombia, según Fedesarrollo, se observa una alta demanda de profesionales en estas áreas (Acosta, 2023) y algunos de los trabajos más solicitados incluyen actividades relacionadas con la programación y el desarrollo de contenidos, entre otros (Acosta, 2023).

Los estudiantes de hoy requieren formarse para los trabajos del futuro (McKinsey Global Institute, 2017; Martínez, et al., 2023), por lo tanto, requieren habilidades y conocimientos diferentes a los que eran necesarios en el pasado (World Economic Forum, 2020). Por esto es fundamental una educación que fomente habilidades propias del siglo XXI y les permita adaptarse a un entorno laboral en constante evolución (Hernández y Neira, 2022), además de formar con habilidades científico-tecnológicas (World Economic Forum, 2020).

Sin embargo, los establecimientos educativos enfrentan desafíos al abordarlo, como la falta de formación en integración curricular y en actualización tecnológica (Cabrera et al, 2023), la

escasez de recursos educativos y tecnológicos, la falta de acceso a herramientas, equipos y materiales especializados (Sanders, 2009). Lo que es común, según Wu-Rorrer (2017) es la necesidad de “[...] brindar instrucción enfocada en la integración interdisciplinaria que se ha convertido en un tema crucial en el campo educativo en los últimos años” (p. 9), para el ejercicio de una ciudadanía global.

Entre los retos se identifica la integración de la educación STEM en los currículos, Wu-Rorrer (2017) destaca que “No existe una estrategia única para abordar la integración STEM. Ninguna escuela o sistema escolar es igual. Cada uno es único a su manera, con diferencias” (p. 9), De manera similar, Asunda (2012) enfatiza que la implementación de STEM requiere de un enfoque flexible y adaptado a las realidades locales. Las dificultades que se enfrentan en este sentido, según Fan et al. (2021), están relacionadas con la interpretación de relaciones entre disciplinas, la orientación de los modelos o técnicas para la resolución de problemas, la exigencia en el nivel de conocimiento que deben tener los docentes para responder a las preguntas e inquietudes de los estudiantes, la falta de conocimientos previos y habilidades para relacionar los conceptos.

En este sentido, el presente artículo, expone una metodología para la formación docente en la implementación de la educación STEM, que aporta soluciones a los problemas detectados, diseñando retos en compañía de los estudiantes.

## 2. MÉTODO

El enfoque del estudio es de métodos mixtos (Sampieri, R. H., 2006); se basa en la Investigación Basada en el Diseño (IBD) (Barab y Squire, 2004). Este diseño metodológico funciona como un puente entre la teoría y la práctica, tanto con la construcción y ampliación teórica, como con la resolución de problemas del mundo real (De Benito y Salinas, 2016). La metodología de formación docente en STEM se ubica en el enfoque socio-constructivista (Ribosa, 2020), en el que el conocimiento se construye activamente a través de la interacción social y la experiencia; se fomenta la colaboración entre docentes desde un ambiente de aprendizaje cooperativo que promueve el trabajo interdisciplinar y se usan estrategias de aprendizaje activo.

La investigación se desarrolla en el marco del proyecto: Ambientes de aprendizaje para la integración disciplinar bajo el enfoque STEM apoyados por tecnologías digitales, que pretende contribuir al avance del conocimiento científico sobre la implementación de la educación STEM. Este producto es una prueba piloto de una metodología para la formación docente y la implementación de la educación STEM en establecimientos educativos, cuyas fases (Figura 1) se amplían a continuación.

**Figura 1**

*Fases de la prueba piloto para el diseño de la metodología*



## 2.1. Fases de la prueba piloto

### 2.1.1. Selección de las instituciones participantes

La convocatoria fue abierta a Instituciones Educativas urbanas y rurales del departamento de Antioquia que quisieran participar y aceptarán los compromisos:

- Conformación de un equipo de por lo menos 3 docentes de las áreas STEM.
- Participación en las 30 horas de formación de los profesores del proyecto.
- Recepción de la dotación para el ambiente de aprendizaje STEM.
- Uso de la dotación entregada:
  - Aula móvil 1 TOMi7<sup>1</sup>.
  - Laboratorio STEM con kit de componentes basados en Arduino Uno.
  - Dinero en efectivo para compras de componentes que requieran durante la implementación de los retos.
- Disposición de al menos un computador y una cámara de video.
- Diseño del proyecto STEM que se propone dentro de la formación.
- Implementación, durante 6 meses, del proyecto STEM propuesto por los profesores.
- Vinculación al proyecto de al menos un grupo de estudiantes de la educación media.
- Participación en las actividades de socialización, evaluación y cierre del proyecto.

La población del proyecto la constituyen cinco instituciones educativas. Para la selección de la muestra se realizó un muestreo no probabilístico, es decir, por conveniencia. Esta se compone por 83 estudiantes y 14 profesores de la educación media (10° y 11°) de instituciones educativas (IE): una IE rural oficial del municipio de Santo Domingo (Antioquia), una IE privada (urbana) y tres IE oficiales (urbanas) del Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín.

### 2.1.2. Diseño curricular y formación de docentes

Previo a la formación, los investigadores (a su vez tutores del curso y asesores) realizan el diseño de un curso virtual en la plataforma Moodle (Tabla 1), fundamentado en el aprendizaje activo y teniendo como propósito la apropiación de conceptos incluyendo la construcción de ambientes de aprendizaje (Duarte, 2003, p. 11).

---

<sup>1</sup> Dispositivo que “[...] tiene como propósito permitirles a los docentes que creen clases interactivas en donde se agregan recursos, así como preguntas de seguimiento, evaluación y notas investigativas” (Lopera, 2022, p. 6). Este contiene: Pizarra digital, calificación automática, Llamado a lista, hotspot de contenidos, compatible con TOMi.digital para clases interactivas sin internet.

Tabla 1

Diseño curricular para la formación de los docentes

| Módulos   | Propósito   | Propuesta formativa  |
|---|---|--|
| 1. <b>SOS tenemos un problema</b> (ABP)                   | Reconocimiento de la metodología. Identificación de un problema relacionado con la sostenibilidad y el cambio climático.  |  |
| 2. <b>Oportunidades y retos STEM</b> (Educación STEM)     | Identificación de las características de la educación STEM e integración de áreas de acuerdo con el problema reconocido.  |  |
| 3. <b>STEM en el aula</b> (Ambientes de aprendizaje STEM) | Identificación de los elementos necesarios para el diseño del ambiente de aprendizaje y familiarización con los elementos tecnológicos entregados al inicio de la formación.  | <b>Encuentros sincrónicos</b>  |
| 4. <b>Diseñando con STEM</b> (Diseño del reto)            | Diseño del reto STEM empleando Pensamiento de Diseño, proceso que debe documentarse: <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Empatizar</b>, se indaga entre los estudiantes el interés en el problema planteado.</li><li>• <b>Idear</b>, para imaginar soluciones posibles a partir de la selección de ideas prometedoras.</li><li>• <b>Definir</b>, definir claramente la situación problemática y sus impactos.</li><li>• <b>Prototipar y experimentar</b>, explorar diferentes maneras de solucionar el problema.</li><li>• <b>Probar y evolucionar la idea</b>, identificar las mejoras en el prototipo.</li></ul> | <b>Trabajo independiente</b><br><b>Recursos</b><br><b>Evaluación</b> |

La formación tuvo una duración de 30 horas, 20 sincrónicas y 10 de trabajo autónomo. Durante seis meses se les brindó a los docentes la oportunidad de transformar la práctica pedagógica y de empoderar a sus estudiantes para enfrentar los desafíos del siglo XXI con confianza y creatividad.

Esto les permite la integración disciplinar con el apoyo de tecnologías digitales, a través de retos en los que sus estudiantes identifiquen problemas reales contextualizados, relacionados con la sostenibilidad. Luego, diseñan e implementan soluciones STEM mientras desarrollan las habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas y trabajo en equipo.

### 2.1.3. Proceso de acompañamiento en la formación docente

Proporciona un apoyo individualizado, brinda oportunidades para resolver inquietudes tras cada sesión sincrónica, para recibir *feedback* sobre su práctica docente y realimentación por parte de los asesores:

- Durante la formación inicial, en el diseño de retos STEM de los docentes para el contexto y nivel educativo de sus estudiantes.
- Durante la implementación de los de retos STEM, hasta evidenciar prototipos por parte de los estudiantes como resultado de la experiencia formativa.

El acompañamiento fomenta el desarrollo profesional continuo al proporcionar oportunidades para la reflexión, el aprendizaje activo, la solución de dudas técnico-pedagógicas y la experimentación en el aula.

### 2.1.4. Evaluación del proceso

Los elementos que se consideran para evaluar el desarrollo de experiencias formativas con enfoque STEM (Ramos-Lizcano et al., 2022), son:

- Identificación de propósitos de aprendizaje orientados al desarrollo de las competencias, la colaboración entre grupos y la generación de buenas prácticas para el aprendizaje a lo largo de la vida.
- Implementación de estrategias de aprendizaje activo para la apropiación de conceptos y para el diseño y desarrollo de los proyectos.
- Articulación didáctica y pedagógica de las TIC.
- Docente que prioriza el aprendizaje, las necesidades e intereses de los estudiantes.

La evaluación multidireccional -coevaluación, autoevaluación y heteroevaluación- (De Sola, 2011), se realiza a lo largo del proceso de diseño curricular, formación de docentes e implementación de los retos propuestos por estos.

## 2.2. Técnicas e instrumentos

Los datos analizados provienen de la observación participante, empleando 3 instrumentos para recolectar información y para guiar a los docentes en el proceso: lienzo de información general del proyecto, lienzo de seguimiento, plan del proyecto.

El lienzo de información (Figura 2), permite plasmar los aspectos más importantes de la propuesta y fue diligenciado por los profesores una vez se tienen claras las características del proyecto STEM a implementar.

Figura 2

Lienzo de información general del proyecto que diligencian los profesores

El formulario de información general del proyecto STEM está estructurado de la siguiente manera:

- Encabezado:** Incluye un logotipo con los colores de la bandera colombiana y dos campos de texto: "NOMBRE DEL PROYECTO:" y "INSTITUCIÓN EDUCATIVA:".
- Título central:** "• INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO •".
- Sección superior izquierda:** "Problema o necesidad".
- Sección superior derecha:** "Áreas de trabajo".
- Sección inferior izquierda:** "Población impactada".
- Sección inferior derecha:** "Herramientas/Recursos tecnológicos y digitales de apoyo".
- Objetivos:** En el centro, hay un campo "Objetivo general" con una flecha verde que apunta hacia abajo a tres campos "Objetivo específico 1", "Objetivo específico 2" y "Objetivo específico 3".
- Metodología:** Un campo "Metodología de trabajo" que ocupa una gran parte del espacio central.

El lienzo de seguimiento (Figura 3), es diligenciado por los profesores para planificar las diferentes actividades a realizar durante el proceso de formación con sus estudiantes. En este lienzo, los docentes incluyen y priorizan las actividades semana a semana, los recursos, productos y momentos de la formación asociados que se plantean para la realización y seguimiento del reto. Además, registra el seguimiento de aspectos clave, comportamientos y reacciones observadas durante la ejecución de los proyectos, las conclusiones y productos obtenidos durante la actividad y relaciona la actividad con la fase de desarrollo de la metodología de pensamiento de diseño. Esta guía permitió observar la interacción de los docentes con los estudiantes y su adaptación a las metodologías activas, identificando elementos como la participación, la resolución de problemas y la colaboración entre los docentes y estudiantes.

**Figura 3**

*Lienzo de seguimiento que diligencian los profesores*

The form is titled "Cronograma de seguimiento" and features a grid for planning activities over three weeks. The columns are: "Semana y fecha", "Actividades", "Recursos", "Conclusiones y/o producto", and "Momento según design thinking". The rows are labeled "Semana 1", "Semana 2", and "Semana 3", each with a sub-label "(Fecha: )". To the right of the grid are three vertical sections: "IMPORTANTE" with three input fields, "PRIORITARIO" with three input fields, and "TAREAS DE LA SESIÓN" with two input fields.

El plan del proyecto (Tabla 2) fue empleado por los profesores para definir con mayor detalle los objetivos, actividades y recursos asociados a los retos STEM.

**Tabla 2**

*Formato del plan del proyecto que diligencian los profesores*

| Aspecto                            | Descripción  |
|------------------------------------|--|
| Título del reto                    | Expresa creativamente el tema del proyecto.  |
| Problema                           | Descripción concreta del problema del que se parte, causas y efectos.  |
| Objetivos del proyecto             | <b>Claros, factibles y pertinentes.</b>  |
| Diseño del ambiente de aprendizaje | <b>Actores y relacionamiento:</b> Descripción de los actores, sus características, roles, forma de comunicación y relacionamiento entre ellos. |

---

| Aspecto                             | Descripción  |
|-------------------------------------|--|
|                                     | <b>Actividades</b>   |
|                                     | <b>Contenidos</b>  |
|                                     | <b>Estrategias didácticas y metodológicas:</b> del proyecto con ABP y Pensamiento de Diseño.   |
|                                     | <b>Recursos:</b> Descripción de espacios físicos y virtuales, herramientas y recursos requeridos para las experiencias de aprendizaje. |
|                                     | <b>Seguimiento y evaluación</b> (sumativa y formativa)   |
| <b>Cronograma / Plan de trabajo</b> | Tiempo dedicado a cada una de las actividades de aprendizaje.  |

---

La información fue recolectada a través de reuniones de seguimiento periódicas con los docentes, así como del análisis de los datos consignados en los instrumentos de recolección. Además, se realizaron sesiones con los estudiantes participantes. Posteriormente, los investigadores analizaron los datos obtenidos, identificando patrones y temas recurrentes tanto en las respuestas de los docentes como en las de los estudiantes. El foco de la investigación estuvo en examinar aspectos como la motivación de docentes y estudiantes, el impacto de la metodología STEM en el aula y los resultados obtenidos en el aprendizaje.

### 3. RESULTADOS

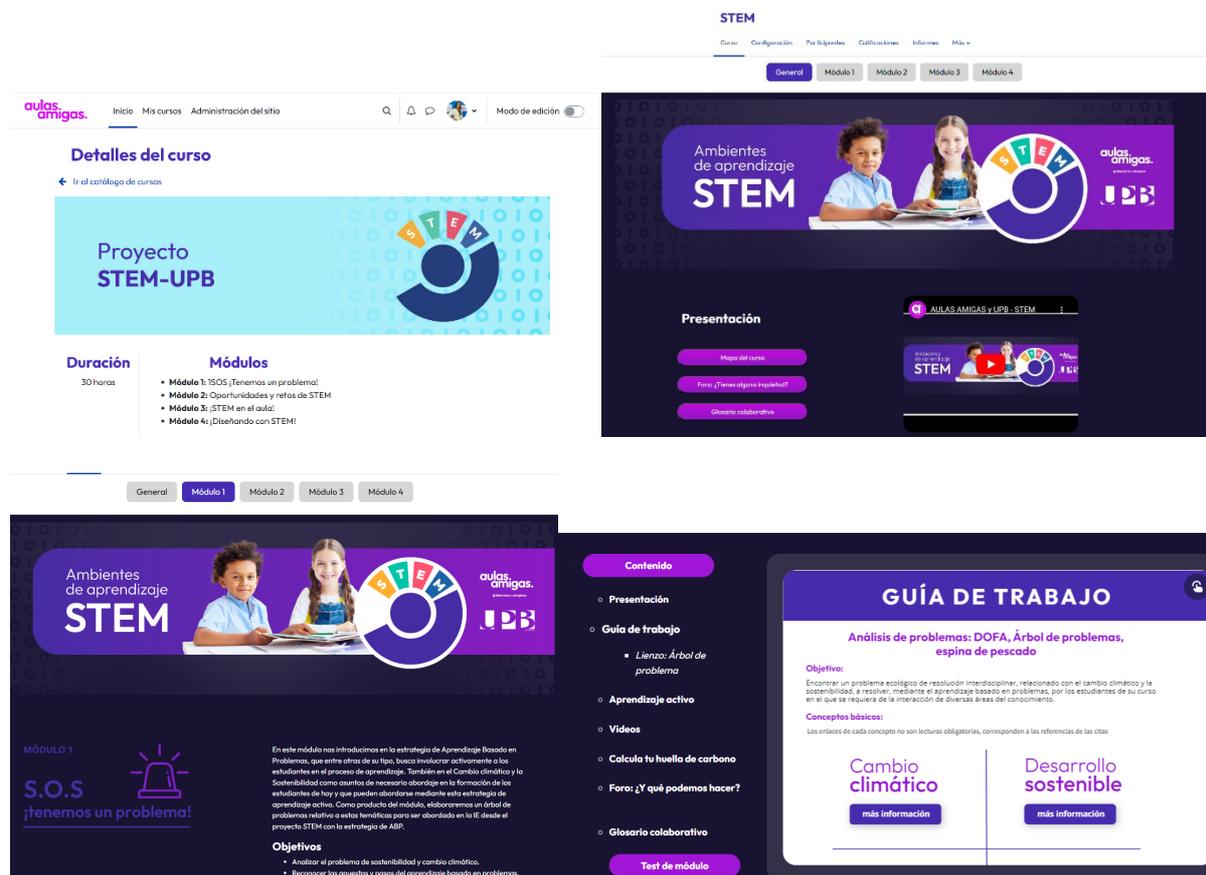
Los análisis del proceso arrojan diversos resultados relacionados con el diseño del curso para realizar la formación inicial, la participación en la formación, entregables por módulo, proyectos, los productos resultantes y percepciones de los participantes.

El curso se diseña 100% virtual en Moodle. El acceso a los contenidos se realiza de manera autónoma y para el inicio de cada módulo se realiza un encuentro sincrónico introductorio, que se graba como recurso, en éste se comparten orientaciones y aclaran dudas. Además, se tienen espacios sincrónicos de asesoría para acompañar el proceso de los estudiantes. Algunas características del curso (Figura 4) son:

- **Acceso a contenidos educativos** variados y en distintos formatos.
- **Recursos de apoyo** como tutoriales, guías, material descargable y enlaces a sitios web de interés.
- **Comunidad de aprendizaje:** a través del foro y los encuentros, los usuarios interactúan, colaboran, comparten experiencias, conocimientos y buenas prácticas.
- **Seguimiento y evaluación** para acompañar el progreso de los participantes y evaluar sus propuestas.

Figura 4

Curso “Ambientes de aprendizaje STEM” en la plataforma Moodle.

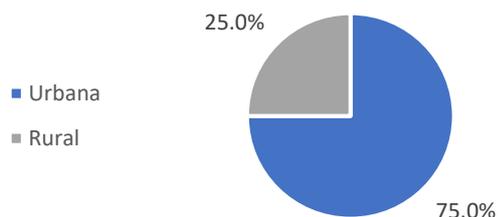


Nota. Capturas de pantalla de varios de los espacios del curso: Inicio en la plataforma, generalidades del curso y ejemplos de la estructura de un módulo del curso.

En relación con la *participación en la formación*, se identifica que de las seis instituciones educativas que inicialmente declararon interés de participar, finalmente cinco realizaron todo el proceso, y, que, de los 25 docentes esperados, realmente participaron de la formación inicial 16 de ellos. En el transcurso del proyecto, se fueron reconfigurando los equipos al interior de las IE, participando en el proyecto algunos profesores que no se formaron en el curso diseñado para el proyecto, pero que tenían la disponibilidad y conocimientos para aportar al proceso. De los maestros que participaron de la formación inicial, un 75.0% de ellos, pertenecen, en su mayoría, a una institución urbana (Figura 5), en un 87.5% a una institución de carácter oficial (Figura 6), y, que, un 62.5% son de género masculino (Figura 7).

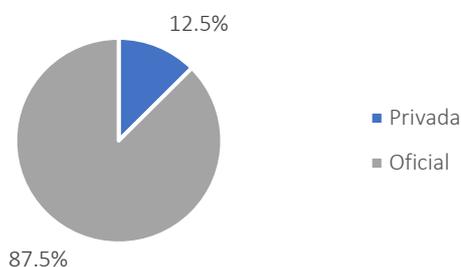
**Figura 5**

*Distribución de docentes que realizaron la formación inicial por zona geográfica*



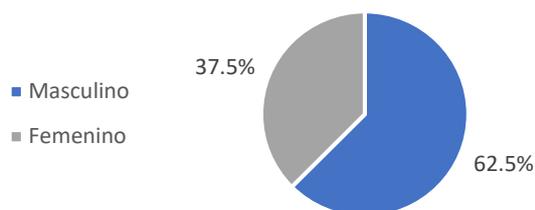
**Figura 6**

*Distribución de docentes que realizaron la formación inicial por tipo de institución*



**Figura 7**

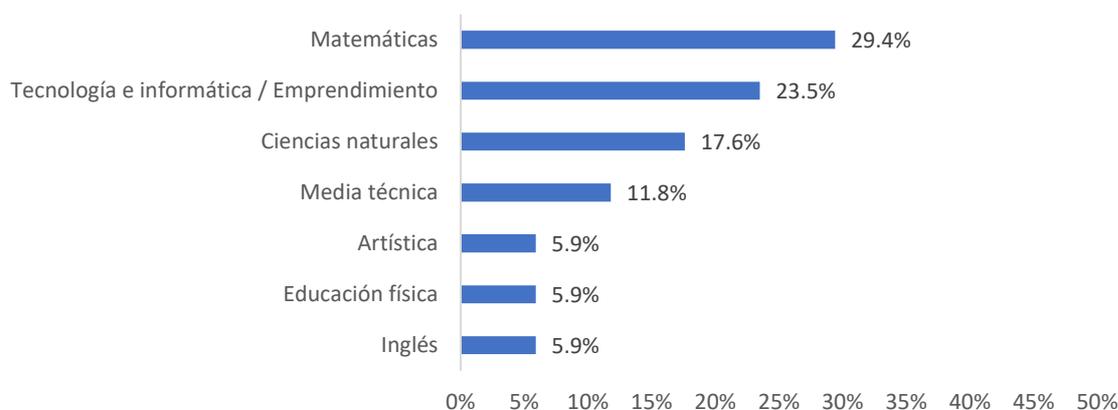
*Distribución de docentes que realizaron la formación inicial por género*



Por otra parte, el 70,5% de los profesores son de las áreas STEM, como se solicitó en la convocatoria, sin embargo, un 29,5% son maestros de otras áreas relacionadas con las orientaciones de la media técnica de cada IE, artística, educación física y emprendimiento (Figura 8).

**Figura 8**

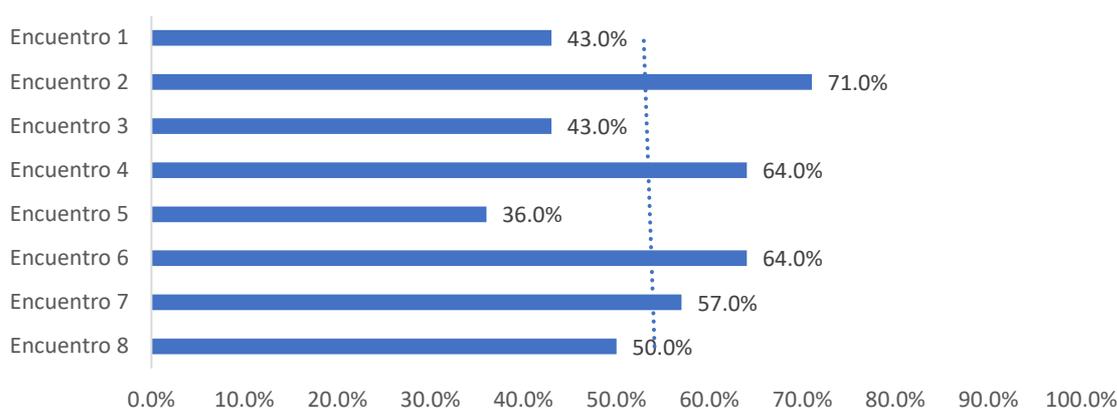
*Distribución de docentes que realizaron la formación inicial por áreas*



En cuanto a la asistencia de los profesores el 53.6%, en promedio participaron de toda la formación (Figura 9). Sin embargo, a todos los encuentros asistió al menos un integrante de cada uno de los equipos de docentes por IE; quienes interactuaron y mostraron compromiso. El encuentro que más asistencia tuvo, por un 71,0% de los docentes, fue el relacionado con las características y conceptos de la educación STEM. Los últimos encuentros contaron con la intervención de más de la mitad de los docentes, entre el 50.0% y el 64.0%, en ellas se trabajó particularmente en el ajuste de los retos que los docentes diseñaron. El encuentro 5 tuvo la asistencia más baja, del 36,0% de profesores, esta fue una sesión extraordinaria, no programada.

**Figura 9**

*Asistencia de los docentes en la formación inicial*



De acuerdo con los *entregables por módulo*, el 100% de los participantes cumplieron con lo solicitado en cada módulo (Figura 10), algunos con entregas extemporáneas y otros con una calidad inferior a lo propuesto. Sin embargo, estos productos paulatinamente se ajustan con el acompañamiento de los asesores. En la Tabla 3 se relacionan los entregables por módulo.

Figura 10

Muestra de algunos productos entregados en los módulos

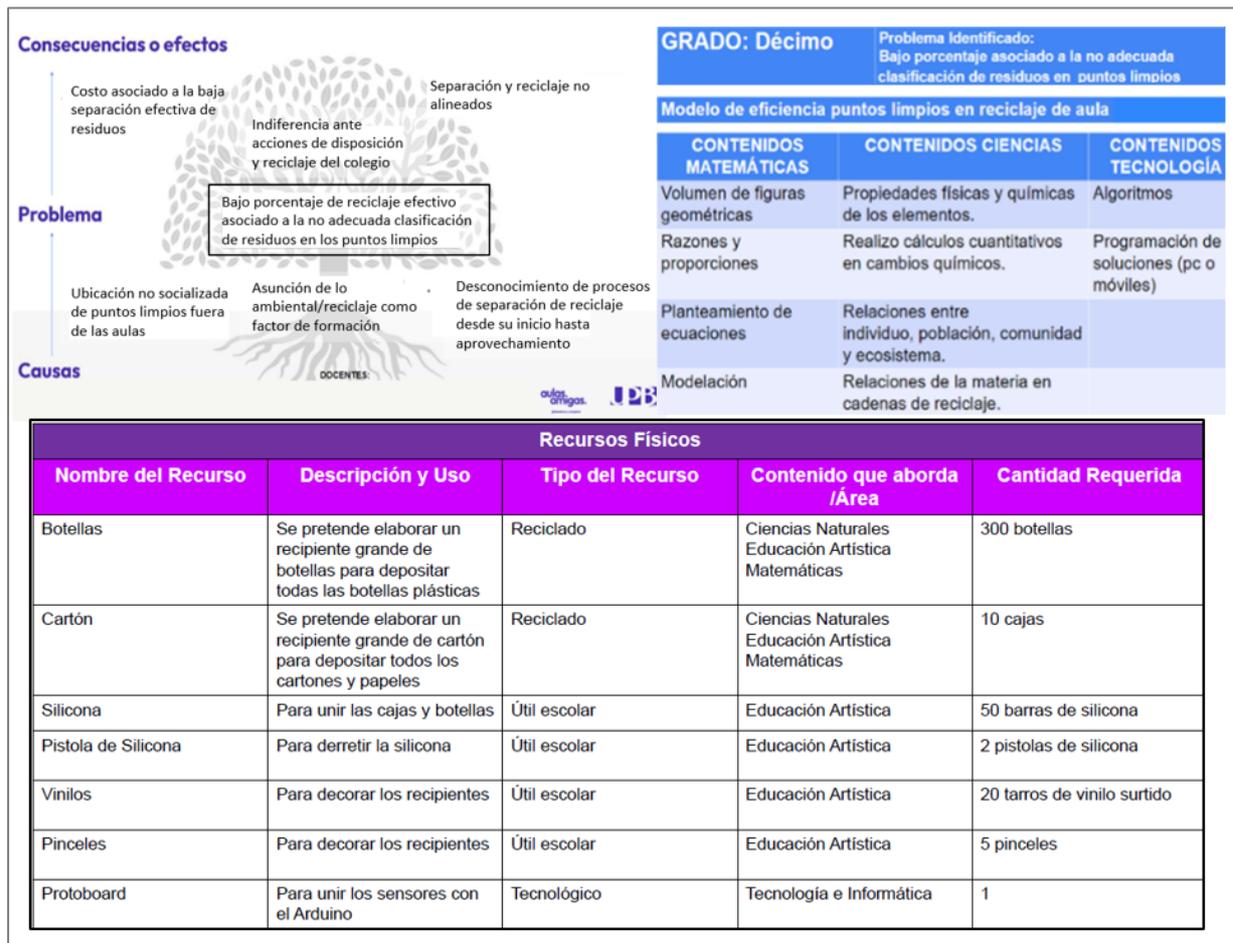


Tabla 3

Entregables por cada uno de los módulos

| Módulo   | Entregables  |
|--|--|
| 1. SOS tenemos un problema (ABP)                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Glosario Educación STEM:</b> conceptos sobre ABP.</li> <li>• <b>Árbol de problemas</b> que se abordará desde el proyecto.</li> </ul>   |
| 2. Oportunidades y retos STEM (Educación STEM)     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Aporte</b> en el foro general del curso.</li> <li>• <b>Glosario Educación STEM:</b> conceptos sobre STEM.</li> <li>• <b>Listado</b> de contenidos por área que aborda el proyecto.</li> <li>• <b>Esquema o mapa</b> con el análisis de las áreas STEM que se integran para dar respuesta a un problema.</li> </ul> |
| 3. STEM en el aula (Ambientes de aprendizaje STEM) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Informe</b> preliminar con el diseño del reto.</li> <li>• <b>Lista de chequeo</b> de los recursos físicos y digitales por área.</li> </ul>   |
| 4. Diseñando con STEM (Diseño del reto)            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Plan del proyecto:</b> diligenciado en el formato de entrega de la propuesta (Tabla 2).</li> </ul>   |

En lo relacionado con los **productos**, el 60.0% de las IE lograron realizar prototipos funcionales y el 100% de estas socializaron sus proyectos con los avances que lograron en el proceso.

1. **Colegio UPB.** Conocimientos y herramientas de cuidados del entorno en el mejoramiento de la salud ambiental y sus efectos en la salud respiratoria: <https://youtu.be/C0xFpwUTpo>
2. **IE Madre María Mazzarello.** Diseño y construcción de sistema de irrigación automatizado: <https://youtu.be/7Urn1dy3Fzk>
3. **IER Porcesito.** ProjectiVIDA: manejo de los residuos sólidos con enfoque STEM. <https://youtu.be/8MPFzhYaYdo>
4. **IE Doce de Octubre.** Fertilizando el conocimiento con el sistema de gestión de desperdicios orgánicos. <https://youtu.be/qlpqrGXzrlo>
5. **IE Picachito.** Huerta con riego automatizado: <https://youtu.be/st6tCT04KZO>

Sobre las percepciones de los participantes, los microvideos de las experiencias muestran que este proceso impacta en el ambiente de aprendizaje, las prácticas pedagógicas de los docentes y el compromiso de los estudiantes. Además, se observa que la metodología mejora las interacciones, las estrategias pedagógicas y la participación estudiantil.

En el *feedback* del proyecto, los docentes resaltan la utilidad de las actividades, la motivación de los estudiantes y la efectividad de las estrategias pedagógicas. También mencionan los desafíos de hacer que los estudiantes se responsabilicen de su aprendizaje. Un profesor comentó: "El proyecto combinó bien la teoría y la práctica, y los formadores fueron de gran calidad y siempre dispuestos a resolver dudas," lo que demuestra su satisfacción con el proceso.

Los participantes destacan el aprendizaje adquirido y las habilidades blandas desarrolladas, el valor del acompañamiento y la utilidad de la asesoría recibida. Sin embargo, aunque el curso virtual proporciona los recursos y materiales suficientes para el proceso, los docentes manifestaron la necesidad de complementar la formación virtual con algunas sesiones presenciales para tener una mayor comprensión y aplicación de los conceptos y herramientas, por lo tanto, también se realizaron algunas visitas presenciales. Además de los recursos virtuales, se identificó el uso de la dotación entregada al inicio, sin embargo, el uso del dispositivo TOMi7 se considera insuficiente para las posibilidades que este tiene para el proceso de implementación del reto y la interacción entre los docentes, los estudiantes y los contenidos.

Durante el proceso se sistematizaron las preguntas de los docentes, las respuestas y orientaciones proporcionadas, comentarios relevantes y descripción de las actitudes asumidas por los participantes, entre otros (Tabla 4). A partir de esto, se evidencia que los docentes formularon preguntas principalmente sobre aspectos operativos y técnicos relacionados con la plataforma y los recursos utilizados en el proceso de formación.

Tabla 4

Estructura y ejemplo de la guía de observación

| Ítems de la guía                                    | Ejemplo   |
|---|---|
| <b>Preguntas de docentes</b>                        | Los docentes hacen preguntas de tipo operativo, ejemplo: ¿Cómo se supera la barrera de otros docentes que se oponen, no dejan, no desean que avancen este tipo de procesos?   |
| <b>Respuestas orientaciones</b>                     | y Estas se construyen entre los profesores que han tenido experiencias y los asesores investigadores para superar los asuntos técnicos y sociales, sobre este último, se les sugiere: <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Empoderar</b> a los docentes participantes.</li><li>• <b>Invitar, vincular y motivar</b> a otros docentes.</li><li>• <b>Socializar</b> lo que se hace para incentivar a otros profesores.</li><li>• <b>Invitar</b> a otros actores.</li></ul>  |
| <b>Comentarios relevantes (en foro o encuentro)</b> | Los participantes cuentan sus experiencias: <ul style="list-style-type: none"><li>• Proyectos colaborativos que integran múltiples áreas que solucionan un problema específico.</li><li>• Proyectos de usos tecnológicos con STEM en la OEA - Red Interamericana de Educación Docente (RIED).</li><li>• Proyecto PlayQ School con Aulas Amigas.</li><li>• Proyecto de vida de los estudiantes, integrando el ABP a situaciones problemáticas en la IE, con apoyo desde el área de tecnología e informática.</li><li>• Proyectos STEM con ABP.</li><li>• Proyectos de problemas ambientales.</li></ul>       |
| <b>Actitudes de los docentes</b>                    | Se encuentran profesores: <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Que se retan:</b> que identifican dificultades en sus contextos, pero con creatividad quieren hacerle frente.</li><li>• <b>Temerosos:</b> docentes que quieren, pero no tienen claro cómo hacerlo.</li><li>• <b>Líderes:</b> convocan a compañeros a trabajar conjuntamente en proyectos.</li><li>• <b>Recursivos y proactivos:</b> buscan recursos e insisten en los procesos.</li><li>• <b>Con carisma, comprometidos y empáticos:</b> buscan que la IE se apropie de los proyectos y que no dependan de un solo profesor.</li></ul> |
| <b>Dinámica institucional</b>                       | <b>Condiciones institucionales:</b> infraestructura física y tecnológica muy diversas.<br><b>Respaldo institucional.</b> Las IE tienen dinámicas diferentes. Hay rectores y docentes muy comprometidos, que promueven la participación, pero no tienen claro en lo que se comprometen.  |

## 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La diferencia más significativa con respecto a otras similares, es la oportunidad para los docentes de llevar a la práctica los conocimientos adquiridos y el acompañamiento permanente brindado en la implementación. En este caso, los docentes diseñaron un reto y guiaron a sus estudiantes para solucionarlo empleando la metodología de aprendizaje basado en problemas. En otros casos, como el planteado por Fuentes (2019), las propuestas son externas para que sean implementadas por los docentes en el aula. Esto, va más allá de lo que plantean Castro y Montoro (2021) quienes afirman que la educación STEM podría ser posible a través de una integración a nivel multidisciplinar, donde cada asignatura tiene sus propios objetivos, pero se introducen tareas a través de un tema común. También, de acuerdo con lo planteado por Asunda (2012), cada establecimiento educativo llevó un proceso diferente en cuanto a acceso a materiales y recursos, compromiso de docentes y directivos, acompañamiento de las familias, conocimiento desde las áreas STEM por parte de los docentes, expectativas e intereses de los estudiantes, entre otros.

Al implementar los retos, los docentes integran actividades en sus cursos para guiar a los estudiantes y crearon ambientes de aprendizaje diseñados durante la formación. Según Moreno (2019), esto permite suplir las necesidades de los estudiantes y generar un aprendizaje más significativo. Los docentes también contaron con la ayuda de asesores e investigadores para solucionar dificultades, destacando la importancia del apoyo externo.

Desde el inicio fueron evidentes las dificultades metodológicas y de abstracción conceptual (Fan et al., 2021) por parte de los docentes para relacionar conceptos entre disciplinas y dar solución al reto. No obstante, el conjunto de evidencias recopiladas proporciona un respaldo para afirmar que la metodología de formación docente permitió llevar a cabo prácticas pedagógicas con integración disciplinar que promueven el compromiso y la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje y la solución de retos STEM.

La calidad de los trabajos realizados y la creatividad demostrada son también indicadores de la efectividad de la metodología. Igualmente se observó el desarrollo de competencias clave en los estudiantes, como habilidades de resolución de problemas, pensamiento crítico, trabajo en equipo y creatividad. Esto confirma lo propuesto por Masaquiza et al. (2024) quienes afirman que STEM ha demostrado ser eficaz preparando a los estudiantes para adaptarse a las demandas del mercado laboral contemporáneo.

Los datos cualitativos sugieren que la metodología implementada incrementó la motivación de los estudiantes, haciéndolos más participativos y comprometidos con su propio aprendizaje. Al respecto, Cifuentes y Caplan (2019) encontraron que:

Los talleres STEAM han generado altos niveles de motivación en los y las estudiantes que participan en ellos. Esto se evidencia en acciones como: a) mejorar sus diseños en tiempos diferentes a las sesiones planificadas; b) manifestar, querer compartir con otros o promover la educación STEAM; c) manifestar constantemente querer participar en actividades más avanzadas; d) recomendar los talleres STEAM a otros estudiantes (p. 37).

Tuan et al. (2018, citados por Núñez et al., 2023) subrayan que la enseñanza basada en problemas y proyectos prácticos mejora la calidad de la educación STEM. Sin embargo, Núñez

et al. (2023) mencionan retos en la formación de docentes, como falta de tiempo, baja motivación y miedos al integrar la educación STEM. Para Agudelo y González-Reyes (2024) “otro factor para tener en cuenta en la formación docente en este enfoque es el contexto. Las realidades donde laboran los docentes implican generar adaptaciones a los programas de formación, de acuerdo con sus necesidades, limitaciones y experiencias” (p. 102). La adaptación de dichos programas implica tener en cuenta que la falta de infraestructura tecnológica y la insuficiencia en el conocimiento sobre metodologías activas son barreras críticas para los docentes (Rodríguez y González, 2024). Ello implica centrar la formación en la interdisciplinariedad, la focalización en las realidades locales, la colaboración entre docentes y establecimientos para optimizar recursos disponibles del contexto, partir de los conocimientos de los docentes para que colaborativamente vayan construyendo sus propios conocimientos sobre la educación STEM. La dificultad manifiesta para trabajar colaborativamente entre docentes, lo que llevó a sugerir mejorar la cohesión y la efectividad del enfoque STEM en el entorno educativo.

La metodología es replicable y adaptable a distintos contextos educativos. Entre las limitaciones están las diferencias entre instituciones urbanas y rurales, públicas y privadas, y las dificultades para medir impactos cuantitativos. Estas dificultades deben considerarse para mejorar futuras implementaciones.

Todavía no hay un consenso mundial sobre cómo formar profesores en STEAM, y existen diversas propuestas, es crucial dar seguimiento y evaluarlas para mejorar continuamente. Así, los profesores pueden aplicar estos aprendizajes en sus clases, fomentando habilidades del siglo XXI y generando mayor interés en ciencia y tecnología entre los estudiantes. (Soto et al., 2022, p. 12).

## 5. DECLARACIÓN ÉTICA

Para fortalecer la formación docente para la implementación de proyectos STEM en el aula, y contribuir a la calidad de la educación se proponen las siguientes recomendaciones:

- Es fundamental involucrar a los directivos docentes en los procesos formativos para procurar por su comprensión de las implicaciones académico administrativas de proyectos STEM, su respaldo institucional para la implementación de proyectos educativos innovadores.
- Es importante promover el trabajo en equipo entre los docentes para compartir experiencias y estrategias pedagógicas. No se debe asumir que esta habilidad ya está desarrollada. Organizar espacios de colaboración y reflexión periódicos fortalecerá la comunidad educativa.
- Se recomienda diseñar programas de formación más flexibles que permitan una mayor profundización en los contenidos y la incorporación de temáticas emergentes a los que puedan acceder en el tiempo.
- Es necesario considerar dentro de la formación un mayor soporte técnico y pedagógico para que los docentes aprovechen al máximo la formación. Además de asesorías para el abordaje pedagógico, didáctico y tecnológico de los retos diseñados por los docentes.

Los desafíos en la formación de docentes incluyen la infraestructura y recursos limitados en las escuelas. Para integrar STEM, se debe fomentar el uso de materiales de bajo costo, reciclables y recursos naturales locales. También es clave promover el uso de software libre y maximizar el uso de internet. Se pueden establecer alianzas con empresas para apoyo técnico y donaciones, y vincular a voluntarios como estudiantes universitarios o profesionales jubilados para apoyar a los docentes en la implementación de proyectos STEM.

## 6. FINANCIACIÓN

Este artículo fue desarrollado en el marco del proyecto Ambientes de aprendizaje para la integración disciplinar bajo el enfoque STEM apoyados por tecnologías digitales, financiado por Aula Amigas, con la colaboración en recursos en especie proporcionados por la Universidad Pontificia Bolivariana.

## 7. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: F.O.A.-F, O.L.A.V., L.M.C.V., I.C.A.U.; Adquisición de financiación: L.M.C.V.; Investigación: F.O.A.-F, O.L.A.V., L.M.C.V., I.C.A.U.; Metodología: F.O.A.-F, O.L.A.V., L.M.C.V., I.C.A.U.; Administración del proyecto: L.M.C.V.; Recursos: L.M.C.V.; Supervisión: L.M.C.V.; Validación: F.O.A.-F, O.L.A.V., L.M.C.V., I.C.A.U.; Visualización: O.L.A.V.; Redacción—preparación del borrador original: F.O.A.-F, O.L.A.V.; Redacción—revisión y edición: F.O.A.-F, O.L.A.V., L.M.C.V., I.C.A.U.

## 8. REFERENCIAS

- Acosta, C. (2023). Carreras universitarias relacionadas con las TIC son una demanda creciente en el país. *La República*. <https://www.larepublica.co/>.
- Agudelo, C. M., y Gonzáles-Reyes, R. A. (2024). Diseño de un programa de Formación Docente en Educación con enfoque STEM para ciudades intermedias. *Revista Boletín Redipe: 13* (11), 100-123. <https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/2185/2181>.
- Arifin, N. and Mahmud, S. (2021) A Systematic Literature Review of Design Thinking Application in STEM Integration. *Creative Education*, 12, 1558-1571. doi: [10.4236/ce.2021.127118](https://doi.org/10.4236/ce.2021.127118).
- Asunda, P. A. (2012). Standards for technological literacy and STEM education delivery through career and technical education programs. *Journal of Technology Education*, 23(2), 44-60. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:154260592>.
- Benites, E. A., y Barzallo, S. A. (2019). STEAM como enfoque interdisciplinario e inclusivo para desarrollar las potencialidades y competencias actuales. *Identidad Bolivariana*, 1-12.
- Barab, S., y Squire, K. (2004). Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1–14. [https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301\\_1](https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_1).
- Cabrera, A., Cabobianco, M. O., León, C. (2023). Desafíos y Oportunidades en la Alfabetización STEM: Una Mirada desde la Perspectiva de los Jóvenes en América Latina. En N. Callaos, J. Horne, B. Sánchez, A. Tremante (Eds.), *Memorias de la Vigésima Segunda Conferencia*

- Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática: CИСCI 2023*, pp. 226-232. International Institute of Informatics and Cybernetics. <https://doi.org/10.54808/CISCИ2023.01.226>
- Cardetti, Fabiana y Orgnero, M. (2013). Improving Teaching Practice Through Interdisciplinary Dialog. *Studying Teacher Education: a journal of self-study of teacher education practices*. <https://doi.org/10.1080/17425964.2013.831756>.
- Castañeda, L., Salinas, J. y Adell, J. (2020). Hacia una visión contemporánea de la Tecnología Educativa. *Digital Education Review*, 37, 240-268. <https://doi.org/10.1344/der.2020.37.240-268>.
- Castro Rodríguez, E., y Montoro Medina, A. B. (2021). Educación STEM y formación del profesorado de Primaria en España. *Revista de educación*.
- de Benito Crosetti, B., y Salinas Ibáñez, J. M. (2016). La Investigación Basada en Diseño en Tecnología Educativa. *RiITE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*. <https://doi.org/10.6018/riite2016/260631>.
- Cheng, G., y Chau, J. (2014). Exploring the relationships between learning styles, online participation, learning achievement and course satisfaction: An empirical study of a blended learning course. *British Journal of Educational Technology*, 47(2), 257-278. <https://doi.org/10.1111/bjet.12243>.
- Cifuentes, A. P., y Caplan, M. (2019). Experiencias de educación STEM en el ámbito formal y rural. En N., Moreno (Comp.), *Educación STEM/STEAM: Apuestas hacia la formación, impacto y proyección de seres críticos* (pp. 27-39). Fondo Editorial Universitario Servando Garcés. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8093331>.
- De Sola, V. (2011). Propuesta de un plan de evaluación dentro de los parámetros de evaluación multidireccional y por competencias, para evaluar materias de laboratorio en carreras universitarias [Doctoral dissertation, Universidad Monteávila].
- Díaz, A. (2023). Necesitamos a más jóvenes en STEM. *Forbes Centroamérica*. <https://forbescentroamerica.com/>.
- Domènech-Casal, J. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos en el marco STEM: componentes didácticas para la Competencia Científica. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 21(2), 29-42. <https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.2.4524>.
- Duarte D., Jakeline. (2003). Ambientes de Aprendizaje: Una Aproximación Conceptual. *Estudios pedagógicos* (Valdivia), (29), 97-113. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052003000100007>.
- Fan, S. C., Yu, K. C., y Lin, K. Y. (2020). A framework for implementing an engineering-focused STEM curriculum. *International Journal of Science and Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s10763-020-10129-y>.
- Fuentes, M. de las M. (2019). *Enriquecimiento de la formación de docentes STEM en experiencias gamificadas mediante el modelo pedagógico TPACK*. [Tesis doctoral. Universitat Rovira I Virgili]. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/668973/TESI.pdf>.

- Fuertes Camacho, M. T., y Fernández Morilla, M. (2023). STEM education in childhood: perceptions of teachers. *TECHNO Review: International Technology, Science and Society*. <https://doi.org/10.37467/revtechno.v13.4789>.
- Hernández, J. G., y Neira, R. H. (2022). Brecha en la vocación de los estudiantes por profesiones STEM y el mercado laboral europeo. *IE Comunicaciones: Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, (35), 22-32.
- Lopera, J. M. (2022). Inspiración e innovación: caso Aulas AMiGAS y TOMi.digital. [https://www.eafit.edu.co/escuelas/administracion/emprendimiento-academico/bitacora-de-innovacion/casos-catedra-de-innovacion/Documents/Aulas\\_Amigas\\_catedra.pdf](https://www.eafit.edu.co/escuelas/administracion/emprendimiento-academico/bitacora-de-innovacion/casos-catedra-de-innovacion/Documents/Aulas_Amigas_catedra.pdf).
- Macancela-Coronel, G. F., García-Herrera, D. G., Erazo-Álvarez, C. A. y Erazo-Álvarez, J. C. (2020). Comprensión del aprendizaje interdisciplinar desde la educación STEM. *EPISTEME KOINONIA*, 3(1), 117-139. <https://fundacionkoinonia.com.ve/ojs/index.php/epistemekoinonia/article/download/995/1784>.
- Margot, K.C., Kettler, T. Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *IJ STEM Ed* 6, 2 (2019). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>.
- Martínez, R. C. J., Zúñiga, C. P. C., Velázquez, M. R., y Llerena, E. M. V. (2023). Fortaleciendo la empleabilidad: Upskilling y Reskilling como clave para un futuro laboral en perpetua transformación. *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v11iEspecial.3910>.
- Masaquiza, R. R. C., Arce, K. L. R., Pozo, D. I. L., y Gualoto, O. I. P. (2024). Desarrollo de habilidades del siglo XXI a través de la educación STEM. *Revista Imaginario Social*, 7(2). <https://doi.org/10.59155/is.v7i2.191>.
- McKinsey Global Institute (2017). *Technology, jobs, and the future of work*.
- Moreno, C. (2019). *Efectos del Aprendizaje Experiencial en las Habilidades Científicas de los Estudiantes de Tercer Grado*. [Trabajo de grado de maestría. Universidad de los Andes]. <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/bd5439db-970b-46d8-a6ae-b795c4f31434/content>.
- Moomaw, S. (2013). *Teaching STEM in the early years: Activities for integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Redleaf Press.
- National Academy of Engineering and National Research Council (2014). *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18612>.
- Núñez, D. S., Vargas, H. H., Vasquez, F. J., Andrade, W. de J., y Espinoza, F. L. (2023). Educación STEM: Una revisión de enfoques interdisciplinarios y mejores prácticas para fomentar habilidades en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 2023-2045. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i2.5453](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.5453).

- Ramos-Lizcano, C., Ángel-Urbe, I. C., López-Molina, G., y Cano-Ruiz, Y. M. (2022). Elementos centrales de experiencias educativas con enfoque STEM. *Revista Científica*, 45(3), 345-357. <https://doi.org/10.14483/23448350.192981>.
- Ribosa, J. (2020). El docente socioconstructivista: un héroe sin capa. *Educación*, 56(1), 77-90.
- Rodríguez, C. M. A., y González-Reyes, R. A. (2024). Diseño de un programa de Formación Docente en Educación con enfoque STEM para ciudades intermedias. *Revista Boletín Redipe*, 13(11), 100-123. <https://doi.org/10.36260/xs0abz60>.
- Sánchez, M.M. (2023). Los desafíos de la Tecnología Educativa. *RiiTE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 14, 1-5. <https://doi.org/10.6018/riite.572131>.
- Sampieri, R. H. (2006). Ampliación y fundamentación de los métodos mixtos. Recuperado de: <https://www.sandrimeza.net/metodologiapdf/12.pdf>.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2725746>.
- Sarican, G., y Akgunduz, D. (2018). The Impact of Integrated STEM Education on Academic Achievement, Reflective Thinking Skills towards Problem Solving and Permanence in Learning in Science Education. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 13(1), 94-107. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1196043.pdf>.
- Soto, A., Oliveros, M. A., y Roa, R. I. (2022). Curso Taller STEAM para Docentes: una evaluación formativa. *Entreciencias: diálogos en la sociedad del conocimiento*, 10(24), 1-20. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2022.24.82377>.
- Struyf, A., De Loof, H., Boeve-de Pauw, J., y Van Petegem, P. (2019). Students' engagement in different STEM learning environments: Integrated STEM education as promising practice?. *International Journal of Science Education*, 41(10), 1387-1407. doi: 10.1080/09500693.2019.1607983.
- Wang, F., Hannafin, M.J. Design-based research and technology-enhanced learning environments. *ETR&D* 53, 5-23 (2005). <https://doi.org/10.1007/BF02504682>.
- World Economic Forum. (2020). *The Future of Jobs Report 2020*. World Economic Forum. [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs\\_2020.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf).
- Wu-Rorrer, R. (2017). Filling the gap: Integrating STEM into career and technical education middle school programs: There is no single strategy for approaching STEM integration. *Technology and Engineering Teacher*, 77 (2), 8. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1156370>.

#### Para citar este artículo:

Amaya-Fernández, F. O., Agudelo Velásquez, O. L., Cano Vasquez, L. M., y Angel Uribe, I. C. Metodología de formación docente: implementando la educación STEM en establecimientos educativos. *EduTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (90), 34-53. <https://doi.org/10.21556/edutec.2024.90.3393>