

Evaluación de una estrategia de formación STEAM *m-learning* para docentes científicos mediante Kirkpatrick¹

Evaluation of a STEAM M-Learning Training Strategy for Science Teachers Using Kirkpatrick

Artículo recibido el 9 de abril de 2024; artículo aceptado el 7 de octubre de 2024

Edison Camacho-Tamayo², Andrés Bernal-Ballén³

Este artículo puede compartirse bajo la [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) y se referencia usando el siguiente formato: Camacho-Tamayo, E., y Bernal-Ballén, A. (2025). Evaluación de una estrategia de formación STEAM *m-learning* para docentes científicos mediante Kirkpatrick. *I+D Revista de Investigaciones*, 20(1), 25-37. <https://doi.org/10.33304/revinv.v20n1-2025003>

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo implementar y evaluar una estrategia de formación sobre STEAM en docentes de Ciencias Naturales mediante el modelo Kirkpatrick. La muestra fue compuesta por veinte docentes en servicio. Una vez finalizado el diseño y empleando un enfoque cuantitativo, los docentes participaron en una intervención, de seis sesiones de aprendizaje *m-learning*, usando WhatsApp. Al finalizar, respondieron una encuesta y una entrevista. Con los datos obtenidos se evaluó la estrategia en los niveles de reacción, aprendizaje y comportamiento. Los resultados muestran que cerca del 80 % de los docentes se sintió satisfecho con la calidad percibida de la estrategia, lo cual refleja un alto nivel de reflexión pedagógica. Además, reportaron una elevada confianza en su capacidad para aplicar los conocimientos adquiridos. Los docentes reconocieron a STEAM como una visión integral y con gran potencial para enriquecer sus clases. Además, consideraron que este enfoque podría transformar sus prácticas de aula para enfrentar nuevos retos científicos. En conclusión, este estudio demuestra que el uso del *aprendizaje virtual* a través de WhatsApp puede ser una estrategia efectiva y eficiente para la formación continua de docentes de Ciencias Naturales en el enfoque STEAM, brindándoles herramientas y conocimientos para transformar sus prácticas pedagógicas y enfrentar los desafíos actuales de la enseñanza de las ciencias.

Palabras clave: enseñanza de las ciencias, aprendizaje en línea, enfoque interdisciplinario, métodos de enseñanza, educación científica, formación del personal docente.

Abstract

The objective of this research was to implement and evaluate a STEAM training strategy for natural science teachers using the Kirkpatrick model. The sample consisted of 20 in-service teachers. Once the design was finalized and using a quantitative approach, the teachers participated in an intervention of six *m-learning* sessions using WhatsApp. At the end of the intervention, they completed a survey and an interview. With the data obtained, the strategy was evaluated at the reaction, learning and behavioral levels. The results show that about 80 % of the teachers were satisfied with the perceived quality of the strategy, which reflects a high level of pedagogical reflection. In addition, they reported high confidence in their ability to apply the knowledge acquired. Teachers recognized STEAM as a comprehensive vision

¹ Artículo de investigación, de enfoque cualitativo, resultado de un proyecto de investigación titulado: "Evaluación de una estrategia de formación en enfoque STEAM para docentes de Ciencias Naturales de cuatro colegios públicos de Bogotá", el cual está culminado, perteneciente al área de Ciencias Sociales y Humanísticas, subárea Pedagogía y Cambio Social, desarrollado en el Grupo de Investigación Conciencia, Universidad Antonio Nariño (Bogotá, Colombia). Dirección: calle 22 sur n.º 12 D-81, PBX: 315 29 80. Fecha de inicio: enero de 2022. Fecha de terminación: mayo de 2024.

² Doctor en Educación, Universidad Antonio Nariño (Bogotá, Colombia). Grupo de investigación Conciencia, Universidad Antonio Nariño (Bogotá, Colombia) Dirección: calle 22 sur no. 12 D-81, PBX: 315 29 80. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5902-4937>. Correo institucional: ecamacho61@uan.edu.co. Rol Credit del autor: conceptualización, metodología, investigación, análisis formal, escritura, revisión y edición.

³ Doctor en Química y Tecnología de Materiales, de la Tomas Bata University in Zlín. Grupo de investigación Conciencia, Universidad Antonio Nariño (Bogotá, Colombia). Dirección: calle 22 sur no. 12 D-81, PBX: 315 29 80 ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2033-3817>. Correo institucional: abernal@uan.edu.co. Rol Credit del autor: investigación.

with great potential to enrich their classes. In addition, they considered that this approach could transform their classroom practices to face new scientific challenges. In conclusion, this study demonstrates that the use of e-learning through WhatsApp can be an effective and efficient strategy for the continuous training of natural science teachers in the STEAM approach, providing them with tools and knowledge to transform their pedagogical practices and face the current challenges of science teaching.

Keywords: science education, open learning systems, interdisciplinary approach, teaching methods, science education, teacher education.

Introducción

Una formación docente continua para el fortalecimiento de las prácticas de aula en Ciencias Naturales (biología, química y física) es importante para mejorar la calidad de la enseñanza (Espinosa-Ríos, 2016; Zambrano, 2012). No obstante, puede haber algunos obstáculos que dificultan esta formación, como la falta de motivación e interés, el tiempo de dedicación, el escaso apoyo administrativo y el déficit de oportunidades para su desarrollo personal (Domènech-Casal *et al.*, 2019; Giraldo-Macías *et al.*, 2020). Para abordar estos desafíos, es esencial contribuir a programas de formación continuos en todas las modalidades (presencial, a distancia y virtual) que fomenten la modernización pedagógica. Es de considerar con mayor atención a los tipos de *m-learning* debido a que, en el caso de la reciente pandemia, docentes se vieron abrumados por el limitado conocimiento de otras estrategias diferentes a las presenciales y de enfoques innovadores para enseñar conceptos científicos a distancia (Holguín *et al.*, 2021; Pratidhina *et al.*, 2021). Estos programas de formación deben tener el fin de asegurar que los docentes de ciencias estén equipados con las habilidades necesarias para proporcionar una educación novedosa, de calidad y preparar a los estudiantes para enfrentar los desafíos científicos contemporáneos (Darling-Hammond *et al.*, 2017; Wei y Liu, 2018).

En este sentido, en la variedad de enfoques innovadores encontramos la educación STEAM, (Science, Technology, Engineering Arts and Mathematics, por sus siglas en inglés), como una oportunidad para enfrentar estos desafíos. Estudios en el tema en general reportan que este enfoque puede promover la integración de disciplinas, el diseño de un currículo interdisciplinar, una evaluación más formativa e integral, el desarrollo del pensamiento crítico y creativo, el uso de tecnologías emergentes, el aprendizaje activo y práctico, la resolución y solución de problemas complejos, el fomento de la integración de saberes y la mejora en el trabajo en equipo (Cardona Toro y Rodríguez Hernández, 2021; Leytón-Yela *et al.*, 2021; Ortiz-Revilla *et al.*, 2021).

En el ámbito educativo científico, el enfoque STEAM se reconoce como un evento interdisciplinario de reciente desarrollo. Su evolución ha dado lugar a diferentes

términos según la flexibilidad del entorno en el que se aplica (Ortiz-Revilla *et al.*, 2021). La comunidad científica se ha enfocado en estudiar a fondo el fenómeno educativo STEAM interdisciplinario para avanzar en resultados tanto conceptuales como prácticos (Alghamdi, 2022). De manera que diversos estudios se preocupan en cómo capacitar a docentes de forma innovadora para fomentar el pensamiento crítico, computacional, lógico, la creatividad y el trabajo colaborativo en sus estudiantes (Amórtégui Cedeño *et al.*, 2017; Cardona Toro y Rodríguez Hernández, 2021; Leytón-Yela *et al.*, 2021; Morales, 2018). En cuanto a los aportes científicos en investigaciones sobre el análisis de estrategias de formación virtuales en STEAM para docente en general, Romero-Ariza *et al.* (2021) reportan que la falta de atención a la interdisciplinariedad y la integración cultural en la enseñanza de las matemáticas y disciplinas científico-tecnológicas resalta la necesidad de fortalecer estos aspectos para un impacto más significativo en las creencias y prácticas del profesional docente. Mientras que el estudio de Soto-Calderón *et al.* (2022) muestra que los docentes manifestaron confianza en los aprendizajes y en su compromiso de aplicarlos en el aula, en los que es notable la importancia de contar con ejemplos y prácticas que conecten los contenidos curriculares con el enfoque STEAM. Por su parte, Ryu *et al.* (2019) encontraron retos relacionados con las prácticas escolares actuales como: la comprensión interdisciplinaria limitada y la falta de modelos por seguir. A pesar de las limitaciones encontradas en el estudio, se plantearon estrategias para superar los desafíos y lograr el éxito de la investigación. Por último, DeCoito y Estaiteyeh (2022) exploraron las prácticas y el currículo de la educación a distancia en línea en docentes de Ciencias Naturales/STEAM, y encontraron que la mayoría percibía la enseñanza como negativa en cuanto a la participación y resultados de los estudiantes. Además, el estudio de Park *et al.* (2016) reportó que los docentes señalaron diversos desafíos al implementar la educación STEAM, lo que incluye dificultades para dedicar tiempo de calidad a las lecciones, aumento de carga laboral y falta de respaldo administrativo y económico.

Aunque varios estudios han explorado estrategias de formación en distintas modalidades para educación STEAM en docentes de todas las disciplinas, aún no existe un consenso en el diseño y contenido con

respecto a estos métodos de formación. Por ello, se recomienda valorar las estrategias que se realicen (Olascoaga, 2020). Un método de evaluación de programas de formación es el modelo de Kirkpatrick (Builts *et al.*, 2023; Soto-Calderón *et al.*, 2022), el cual contiene cuatro niveles:

Nivel 1. Reacción: evalúa las reacciones de los participantes al programa de formación. Se recopilan opiniones y retroalimentación inmediata.

Nivel 2. Aprendizaje: mide el grado en que los participantes han adquirido nuevos conocimientos y habilidades durante el programa de formación.

Nivel 3. Comportamiento: se centra en la aplicación práctica de lo aprendido en el entorno de trabajo. Evalúa cómo los participantes aplican los conocimientos y las habilidades adquiridos.

Nivel 4. Resultados: examina los resultados finales y el impacto general en la organización. Puede incluir mejoras en el desempeño laboral, productividad y otros resultados a largo plazo.

En septiembre y octubre de 2023 se realizó el primer curso con modalidad *m-learning*, dirigido a docentes de Ciencias Naturales, para lograr su formación en el enfoque STEAM y promover su implementación en el aula.

Paralelamente, se efectuó una evaluación de esta intervención educativa con la intención de determinar su eficacia y señalar las áreas que podrían mejorarse. Por esta razón, el objetivo de esta investigación es evaluar esta estrategia de formación en cuatro colegios públicos de Bogotá, de acuerdo con los niveles 1, 2 y 3 del modelo de Kirkpatrick.

Metodología

Tipo de estudio

Para responder al objetivo de esta investigación, el método que se utilizó para evaluar la estrategia de formación docente fue de carácter cualitativo y naturaleza descriptiva (Creswell, 2012; Hernández Sampieri *et al.*, 2014), conforme a estudios de Soto-Calderón *et al.* (2022) y Lee *et al.* (2018).

Participantes

La estrategia de formación tuvo la participación de veinte docentes. Todos provenientes de cuatro colegios públicos de Bogotá, cuyos directores aceptaron la invitación para implementar el estudio. En la distribución por sexo, predominó el femenino con el 55 %. Este número de participantes fue considerado adecuado para garantizar una distribución suficiente entre las categorías deseadas. Los docentes fueron seleccionados utilizando una metodología basada en una muestra de voluntarios y

todos aceptaron formar parte de la investigación después de una socialización del proyecto de formación y la firma del consentimiento informado (Stacey *et al.*, 2020; Vargas-Neira *et al.*, 2024). Las edades de la muestra fueron entre los 31 y 65 años, con un promedio de 39,76 (DE = ± 10.59), todos profesionales en educación en Ciencias Naturales, como se muestra en la Tabla 1. El 66 % impartía su asignatura en alguna de las jornadas mañana o tarde, y el restante en jornada única. Los criterios de elección fueron ser docente en servicio, tener formación en Ciencias Naturales y dirigir una asignatura científica en cualquier nivel educativo de la institución oficial.

Tabla 1

Caracterización de la población

Título de formación	%
Licenciatura en Ciencias Naturales (solo o con otra opción)	41,5
Licenciatura en Biología (solo o con otra opción)	23,5
Licenciatura en Física	7,5
Licenciatura en Química	7,5
Ingeniería (Electrónica, Agronómica, Química, Electromecánica, solo o con otra opción)	12,5
Maestría en Educación o Didáctica de las Ciencias	7,5

Fuente: elaboración propia.

Materiales e instrumentos

Para evaluar esta estrategia de formación, de acuerdo con los niveles 1, 2 y 3 del modelo de Kirkpatrick, se aplicaron cuatro instrumentos en la recolección de la información por medio de formularios Google y la aplicación WhatsApp. El primero registra la evaluación de los docentes al finalizar cada uno de los módulos de formación, lo cual se ha denominado como boleto de salida. El segundo, se aplicó después de terminada la estrategia. Este recolectó información sobre la satisfacción por parte de los docentes con relación a la estrategia de formación, el tercero una entrevista semiestructurada y el cuarto una estrategia de formación WhatsApp *open online course* (WOOC) sobre el enfoque STEAM (Bravo Reyes *et al.*, 2015; Jordan, 2023; Motteram *et al.*, 2020). Con la información recopilada se efectuó un análisis de contenido temático a partir de la disertación del docente. De acuerdo con el trabajo de Acosta *et al.* (2018), de este análisis se asociaron las categorías en función del modelo de Kirkpatrick y Kirkpatrick (2006).

Boleto de salida: su diseño consistió en tres preguntas abiertas adaptadas de los trabajos de Álvarez *et al.*,

(2022) y Danley *et al.* (2016). El boleto de salida se consideró como una estrategia de evaluación rápida y reflexiva que se utilizó al finalizar cada sesión de aprendizaje. Su propósito fue recopilar información sobre lo que los participantes lograron percibir de la enseñanza de la sesión, cómo se sintieron respecto a los temas tratados y qué dudas o desafíos enfrentaron.

Encuesta de satisfacción: la adaptación del diseño de este segundo instrumento integró 18 preguntas con escala Likert, nivel bajo (1), nivel medio (2), nivel alto (3), nivel superior (4) y dos preguntas abiertas, a partir del estudio de Marcelo y Zapata (2008), Martínez-Álvarez *et al.* (2023) y Acosta y Repullo (2019), al cual el lector puede acceder por medio del siguiente enlace <https://forms.gle/pMJBf6LyeFPT1jFQA>. El objetivo de esta encuesta de satisfacción tiene varios elementos clave que contribuyen a mejorar tanto el proceso de formación como la experiencia de los docentes, tales como la evaluación de la calidad de formación, el nivel de satisfacción y la retroalimentación sobre la utilidad.

Entrevista semiestructurada: a través de preguntas adaptadas de los trabajos de Boude (2021) y Corzo *et al.* (2012), se registró la percepción de los participantes sobre la estrategia de formación y la aplicación de los conocimientos adquiridos después de la intervención en sus prácticas de aula. Estas entrevistas se suministraron de la siguiente manera: (1) una entrevista con un grupo focal en uno de los colegios y (2) una entrevista individual a tres docentes que cumplieron con uno de los siguientes criterios: docente que terminó en el 100 % todas las actividades propuestas, docente que solo llegó al 60 % de las actividades propuestas y docente que no hizo ninguna actividad propuesta.

Estrategia de formación sobre el enfoque STEAM

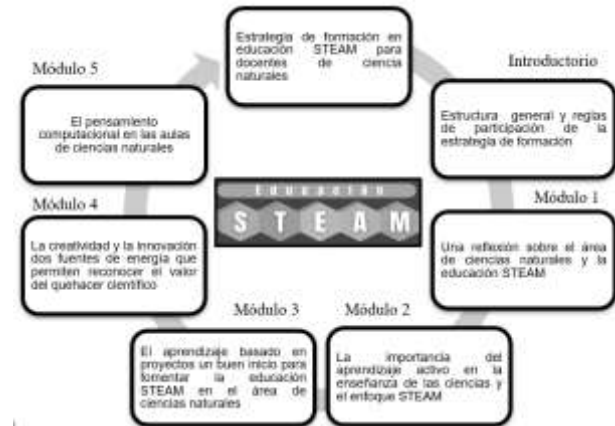
Esta estrategia fue diseñada para difundirse a través del teléfono móvil, por medio un curso abierto WOOC, a partir de cápsulas informativas (Chiriguaya y Morquecho, 2020). La elección de este medio de difusión se debe a las numerosas ventajas que ofrece en la enseñanza y el aprendizaje, como su fácil accesibilidad. WhatsApp es una aplicación ampliamente conocida y utilizada, lo que favorece la inclusión de personas con limitaciones de tiempo o conectividad. Además, responde a las necesidades del contexto educativo, brindando a los docentes flexibilidad y comodidad en su formación. También facilita la resolución de problemas a través del trabajo colaborativo, lo que permite la discusión de ideas y el intercambio de opiniones. Su alta interactividad posibilita compartir una variedad de recursos, como imágenes, videos, textos, encuestas y juegos.

Para esta investigación se organizaron seis sesiones, las cuales se suministraron dos por semana (Martínez-Navarro, 2021; Rojas-Reyes, 2023). La información

mostrada en cada una de las cápsulas fue diseñada y organizada por los autores, según referencia de la investigación de Soto-Calderón *et al.* (2022). Este material, que se consolidó, trató de infografías, *reels* de un minuto, videos, *podcast* y actividades, en los que también se usaron recursos web como Patlet, Quizz, Canva, Geneally, Kahoot, Vexcode, MathCityMap, Google Maps y formularios de Google, todos ellos integrados a este para ver, leer y participar a través del móvil. El contenido de los módulos de formación es de elaboración propia y se organiza según la figura 1.

Figura 1.

Módulos desarrollados para la estrategia de formación docente en el enfoque STEAM



Nota. Cada módulo posee una cápsula informativa que se compone de videos, audios y actividades.

Fuente: elaboración propia.

Procedimiento

Descripción de la intervención: cada sesión siguió una organización consistente, que comenzó con una actividad introductoria relacionada con el tema propuesto (una historia, una reflexión o una pregunta orientadora). A continuación, se presentó el contenido del módulo a partir de la cápsula informativa correspondiente (audio, video, infografía, lectura) que abordaron su cuestión. Posteriormente, se inicia un debate mediante la “pregunta del día”. Para concluir, se realiza una actividad de cierre que consiste en un boleto de salida. La Figura 2 muestra la estructura procedimental de la intervención. A través de la aplicación WhatsApp, se proporcionó la formación a los docentes.

¿Cómo hacer la evaluación de la estrategia de formación? Se efectuó la evaluación en los niveles 1, 2 y 3 del modelo de evaluación Kirkpatrick. Para evaluar el nivel 1 se usó la encuesta de satisfacción; en esta se consultó a los docentes en formación acerca de sus percepciones sobre las metodologías de enseñanza-aprendizaje empleadas en las sesiones, así como su disposición a participar. La encuesta estuvo accesible en

un formulario Google una vez concluido el curso. En cuanto al nivel 2, se usó la información de las preguntas abiertas de la encuesta y la información suministrada en los boletos de salida; en estas se averiguó sobre los aspectos destacados en relación con los temas tratados y la influencia de ellos en sus futuras clases científicas.

Figura 2.

Módulo 2: la importancia del aprendizaje activo en la enseñanza de las ciencias y el enfoque STEAM



Fuente: elaboración propia.

Para evaluar el nivel 3, dos semanas después de haber concluido la estrategia de formación, se aplicaron entrevistas semiestructuradas a los docentes seleccionados y que estuvieron de acuerdo con ella. Asimismo, se trianguló la información con los datos recogidos durante la intervención.

Se aplicó estadística descriptiva para las variables cuantitativas cerradas de la encuesta. Las repuestas de texto libre en general se analizaron con metodología cualitativa por categorías mediante el modelo de análisis temático, con ayuda del *software* MAXQDA.

Resultados

Tabla 2

Evaluación del nivel de percepción por categorías al aplicar la estrategia de formación

Categoría	Preguntas de la encuesta de satisfacción	X	DS	NS (%)	NA (%)	NM (%)	NB (%)
-----------	--	---	----	--------	--------	--------	--------

La intervención a través de m-learning: emplear WhatsApp para la formación STEAM de docentes ofreció varias ventajas clave. En primer lugar, la accesibilidad, ya que es una plataforma ampliamente utilizada que facilita la participación y el trabajo en equipo. En segundo lugar, la flexibilidad, lo que permitió a los docentes acceder a los materiales de formación en cualquier momento y lugar, adaptándose así a sus horarios y responsabilidades con un aprendizaje asincrónico. Tercero, la interactividad, gracias a la posibilidad de enviar diversos tipos de contenido multimedia (infografías, videos, audios), lo que fomentó un aprendizaje dinámico. Además, los costos fueron reducidos, significativamente menores en comparación con otros métodos presenciales o plataformas de aprendizaje más complejas, convirtiéndola en una herramienta eficaz y eficiente para el desarrollo profesional de los educadores. Adicionalmente, el docente guía de la formación pudo enviar actualizaciones, recursos adicionales y recordatorios fácilmente, manteniendo a los docentes al día con los contenidos de la formación. Esto permitió mantener un registro de las interacciones, materiales compartidos y progresos de los docentes, lo que facilitó el seguimiento y la evaluación continua del proceso.

Evaluación de la estrategia de formación: Nivel 1. Reacción: la encuesta de satisfacción (Tabla 2) tuvo una tasa media de respuesta del 75 %. Todas las afirmaciones alcanzaron un puntaje promedio igual o mayor de 3,62 puntos ($DE = \pm 0,187$), (de un máximo de 4), a excepción de la pregunta 6 (¿Qué nivel de dificultad tuvo la estrategia de formación docente?) que se reporta con un promedio de 2,6 puntos. El 93,3 % de los docentes consideró un buen trabajo del instructor; el 73,3 % estuvo satisfecho con la percepción de calidad de los contenidos. El 95 % consideró que la estrategia de formación docente tiene un nivel alto y superior de reflexión pedagógica, el 73,3 % tiene una percepción de confianza para aplicar el conocimiento adquirido, el 60 % reportó que la estrategia tuvo un nivel alto de dificultad y el 80 % reportó un nivel alto y superior de satisfacción en relación con la estrategia. En cuanto a las respuestas de texto libre, los docentes en formación destacaron como aspectos positivos que: las herramientas proporcionadas por parte de la estrategia de formación pueden integrar actividades de diferentes asignaturas, cambiar la dinámica de las

Confianza en los aprendizajes	P4, P5, P7, P10, P11, P13, P18	24.733	2.051	40	33	20	6,7
Satisfacción con la estrategia	P1, P2, P3, P9, P12	18.333	1.877	26,7	53,3	13,4	6,7
Calidad de los contenidos	P6, P8, P14, P1	13.466	1.505	26,7	46,7	13,3	13,3

Nota. NS: nivel superior, NA: nivel alto, NM: nivel medio, NB: nivel bajo.

Fuente: elaboración propia.

herramientas con las que se cuenta en el aula y las formas de aprender, con el fin de relacionar de forma más estrecha la educación STEAM con las prácticas de aula científicas.

Nivel 2. Aprendizaje: la percepción de los docentes sobre haber alcanzado el objetivo de la estrategia de formación: fortalecer las habilidades en la aplicación de prácticas de aula con un enfoque STEAM en la clase de Ciencias Naturales, quedaron evidenciadas en los resultados recabados a través del boleto de salida y la encuesta. Por lo tanto, cinco docentes resaltaron que lo más beneficioso de la estrategia fue la percepción de que STEAM podría constituir una innovación pedagógica para sus clases, ya que integra las artes, el trabajo en equipo, las habilidades del siglo XXI, la tecnología y otros campos del conocimiento:

“La estrategia me benefició en el fortalecimiento de las habilidades del siglo XXI, la innovación pedagógica y la colaboración interdisciplinaria” (Encuesta de satisfacción 20/10/2023, 16:53:16, Pos. 1).

Ocho docentes mencionaron que la reflexión de la labor docente es el eje central en fortalecimiento de sus prácticas de aula con enfoque STEAM luego de participar en uno de los módulos:

“Creo que esta reflexión influye en la ganancia de conocimiento frente a la educación STEAM” (Boleto de salida 28/09/2023, 10:51:42, Pos. 2).

El 50 % de los docentes llegaron a la conclusión de que el uso de la tecnología es crucial en solucionar las nuevas preguntas científicas y los desafíos globales.

“Uso de herramientas tecnológicas para la solución de problemas de la cotidianidad” (Boleto de salida 14/10/2023, 10:28:28, Pos. 1).

Un cuarto de los docentes mencionó que las metodologías activas, en especial el aprendizaje basado en proyectos (ABP) centran la enseñanza-aprendizaje en los estudiantes y pueden acercar los contenidos científicos a su cotidianidad. Esto reconoce el empleo del enfoque STEAM en el ABP como relevante. Después de participar en el módulo 3:

“Motiva a que se dé mayor protagonismo a los estudiantes a lo largo del año escolar a través de diferentes metodologías como el ABP” (Boleto de salida 14/10/2023, 11:00:32, Pos. 2).

Tres participantes percibieron que era necesario todo lo planteado en la estrategia de formación en cuanto a los contenidos y la exposición de programas, herramientas y recursos para llevar a cabo la educación STEAM.

“Apropiación de nuevo conocimiento, herramientas de aplicación en clase, desarrollo de nuevas habilidades” (encuesta de satisfacción 20/10/2023, 19:48:54, Pos. 1).

Nivel 3. Comportamiento: frente a la evaluación de cómo poder aplicar los conocimientos adquiridos a partir de la estrategia de formación en el enfoque STEAM, dos de los docentes contrastaron estos conocimientos con su contexto y realidad.

“Encuentro algunas barreras, principalmente personales, porque me desanimo cuando algunos recursos institucionales no son los esperados, por ejemplo, el contar con la internet y recursos que funcionen de forma fluida y constante y no solo por ratitos” (Participación módulo 5. 14/10/2023, 09:46:10. Pos. 2).

La mitad de los docentes encontró una oportunidad de transformar sus prácticas de aula en el uso del enfoque STEAM con las habilidades del siglo XXI.

“Influye positivamente ya que considero que la creatividad es importante en todo proceso formativo. Me pareció curioso que la infografía ya no reconociera estas dimensiones aplicadas a las ciencias en la creatividad. Es interesante que uno aplique estas dimensiones y esté desarrollando la creatividad en los estudiantes. Es una interesante perspectiva” (Participación módulo 4. 8/10/2023, 09:26:30, Pos. 2).

De la misma manera, dos docentes percibieron que la estrategia de formación inspira a hacer cambios en la manera de abordar contenidos de Ciencias Naturales y llevarlos a sus prácticas de aula.

“Me permite generar nuevas expectativas de trabajo para el próximo año académico, de modo que se

puedan plantear actividades con las diferentes áreas académicas de la institución” (Participación módulo 2. 27/09/2023, 17:48:28, Pos. 2).

La estrategia de formación también permitió considerar nuevos conceptos en cuanto a la participación. Uno de ellos compartió que le fue difícil enviar las actividades porque no sabía remitir mensajes; no obstante, dio cuenta fielmente del contenido de la estrategia:

“La información que estaba ahí es importantísima en el proyecto. Me gustó un proyecto, primero el de enseñar a los niños, lo de física... Los que van en bicicleta, por ejemplo, que midan cuánta distancia hay del colegio a la casa... Entonces eso es bonito”. (Entrevista 3, Pos. 32).

Finalmente, en cuanto a las oportunidades de aplicar el enfoque STEAM en sus aulas e instituciones, tres docentes plantearon situaciones particulares para hacerlo:

“Proponer un solo trabajo... Tienen nota para física, para química, para tecnología, para matemáticas, para varias áreas... Exponer sus aparatos, cómo los diseñaron” (Entrevista 2, Pos. 141).

Conclusiones y discusión

Los resultados de este estudio respaldan la evaluación de una estrategia de formación en enfoque STEAM para docentes de Ciencias Naturales en colegios públicos de Bogotá, con el fin de aportar y promover hacia el aprendizaje significativo, la innovación, la creatividad, la interdisciplinariedad, la motivación y la articulación de los contenidos científicos con la práctica, en el contexto.

Los docentes involucrados en la estrategia valoraron de manera positiva la organización clara de cada sesión, reconocieron la calidad de la información brindada, expresaron un deseo de compartir experiencias significativas para enriquecer su labor docente, destacaron la importancia de intercambiar ejemplos prácticos y generaron reflexiones sobre los aspectos que aún son necesarios para implementar, adecuadamente, la educación STEAM en sus aulas. Entre los resultados obtenidos, se destaca una alta satisfacción por la estrategia de formación en el enfoque STEAM orientada a docentes de Ciencias Naturales, lo cual concuerda con los resultados de la investigación de Romero-Ariza *et al.* (2021). Esta satisfacción se reflejó en una actitud positiva por parte del docente hacia las estrategias didácticas propuestas, lo que pudo haber facilitado la transmisión integral del conocimiento pedagógico dentro del enfoque STEAM, a pesar de las limitaciones de tiempo de los participantes. Además, se reconoció la utilidad de la estrategia de formación como una oportunidad para explorar nuevas técnicas y aplicar contenidos científicos a través del enfoque STEAM en futuras clases de

ciencias, así como para desarrollar prácticas de aula innovadoras, diferentes a las tradicionales. Además, los docentes se motivaron a reflexionar sobre el diseño de sus planes curriculares con una visión interdisciplinaria, lo cual coincide con los hallazgos de la investigación de Soto-Calderón *et al.* (2022). La propuesta de esta estrategia de formación docente proporcionó una oportunidad valiosa para la reflexión y el compromiso activo por parte de los participantes en el desarrollo de actividades que fomenten la innovación pedagógica dentro de sus propias prácticas de aula (Lee *et al.*, 2018). Los productos obtenidos se traducen en un aumento de la motivación de los docentes para mejorar de manera constante su desempeño pedagógico a través de la formación continua.

A partir de la implementación de la estrategia de formación, se observó que los docentes percibieron el enfoque STEAM como una visión que permite acercar de manera más efectiva los contenidos teóricos a la práctica en contextos reales. Además, consideraron que este enfoque fortalece la interdisciplinariedad en sus prácticas de aula y fomenta la construcción de comunidades de aprendizaje entre pares, promoviendo así una formación integral (Greca *et al.*, 2021; Juškevičienė *et al.*, 2021; Leytón-Yela *et al.*, 2021; Ministerio de Educación Nacional [MEN], 2004). En este sentido, es posible concluir que los docentes después de esta intervención se expusieron a situaciones en las cuales las decisiones que tomaron permitieron fortalecer las prácticas de aulas con el enfoque STEAM (Camacho-Tamayo *et al.*, 2024; Romero-Ariza *et al.*, 2021; Soto-Calderón *et al.*, 2022).

Los docentes destacaron el contenido de la estrategia de formación, los recursos propuestos, las ideas STEAM para el aula de Ciencias Naturales, la aplicación e innovación de la estrategia por medio de WhatsApp, la integración y la apropiación del contenido temático propuesto (Bravo-Reyes, 2018; Harris y de Bruin, 2017; Yakman y Lee, 2012). Desde esta óptica, es importante revelar la pertinencia de los programas de formación continua para los docentes de Ciencias Naturales en servicio, en todo contexto, en búsqueda de mejorar la calidad educativa. La evidencia sugiere que este tipo de formación propicia en los profesionales una transformación en las prácticas docentes (Asunción, 2019; Soto-Calderón *et al.*, 2024).

La promoción de cambios organizacionales y curriculares en la institución para el uso efectivo del enfoque STEAM en el aula, por un lado, genera necesidades de formación continua. Así, esta investigación responde al aporte en el cierre de las brechas de la escasa formación en STEAM en docentes de Ciencias Naturales (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], 2023; Toma y García-Carmona, 2021). Por otro lado, este trabajo promueve la modalidad *m-learning* por medio del

WOOC, en el que se facilitó un ambiente de aprendizaje amigable, flexible, asincrónico y efectivo en la ejecución de la estrategia. La incorporación de cápsulas informativas con contenido gráfico en cada una de las sesiones fue percibida como algo que mejoró la motivación por leer el contenido. Al respecto, la literatura señala que esta incorporación de este tipo de ayudas visuales en el ámbito educativo mejora los resultados de aprendizaje, lo que impulsa a reconocer la información con mayor énfasis (Greca *et al.*, 2021; Muñoz-García, 2014).

En general, los docentes percibieron de manera favorable las temáticas abordadas en la estrategia de formación en las que se involucraban habilidades del siglo XXI como el pensamiento computacional y la creatividad a través del WOOC. De igual manera, la metodología activa que más mencionaron los docentes fue el ABP, de seguro por ser la más afín a la aplicación del enfoque STEAM (Carmona-Mesa y Villa-Ochoa, 2019). Los docentes de la muestra apreciaron como adecuado y propositivo el trabajo liderado por el instructor, resultados consistentes con la literatura existente, en las cuales se informa que las experiencias con enfoque STEAM pueden ser exitosas, cuando se genera un buen liderazgo (Domenici, 2022; Harris y de Bruin, 2017; Wong *et al.*, 2022). Las sesiones, propuestas en el WOOC, no se sesgaron a la visión de la participación del estudiante por entrega del producto propuesto, debido a que docentes que no entregaron actividades también dieron cuenta de la información transmitida en las cápsulas informativas. En varios casos, la participación activa solo se mide con la entrega de productos. Sin embargo, esta investigación da cuenta de que puede existir otro tipo de participación: no inmersiva, en el sentido de no involucrarse en la realización de actividades, pero sí en la lectura de la información compartida mediante el WOOC (Bravo Reyes *et al.*, 2015; Martínez-Navarro, 2021).

Por su parte, la estimación de los docentes de Ciencias Naturales sobre el logro de los resultados de aprendizaje en relación con cada uno de los módulos y la estrategia en general por medio del WOOC es buena. Esto concuerda con los juicios que evocaron sobre el diseñar sus clases en el marco del enfoque STEAM, lo que propició ideas ajustadas de cómo mejorar sus planes de estudio para los próximos años. En el comportamiento, los docentes evaluaron cómo aplicar los conocimientos adquiridos en el enfoque STEAM en su contexto. Identificaron barreras personales, como la falta de recursos institucionales, pero reconocieron la influencia positiva en el desarrollo de habilidades del siglo XXI, especialmente la creatividad. Además, la estrategia inspiró a algunos docentes a plantear nuevas expectativas de trabajo y considerar cambios en sus prácticas de aula, tales como el trabajo en equipo con sus pares.

En cuanto a la interacción de los docentes con el WOOC, la presentación de actividades (*patled*, planeación de una clase STEAM, pregunta del día, boletos de salida) requirieron más tiempo de dedicación por parte del docente en comparación de la interacción con las infografías, los videos o los audios. Sin embargo, esto no es un problema, debido a que los docentes valoraron de forma positiva todos los medios de enseñanza usados en la estrategia de formación. Esta situación es acorde con la literatura en la que podemos encontrar que los docentes en servicio consideran que la formación y la implementación de un enfoque como STEAM requiere un uso más eficiente del tiempo (López-Gamboa, 2021). Por ello, para implementar el enfoque en el contexto escolar científico, es fundamental destinar más tiempo a la formación continua. En este sentido, se concluye que esta estrategia implementada a través del WOOC se presentó como una excelente opción, para responder a las necesidades del contexto (Bravo-Reyes, 2018; Domènech-Casal *et al.*, 2019).

Una limitación de este estudio es, sin duda alguna, el tiempo de dedicación de los docentes a las actividades. Esto puede provocar la anuencia de él, lo cual se alinea con los resultados obtenidos en la investigación de López-Gamboa (2021). Sin embargo, como ya se dijo para esta investigación, los docentes que no enviaron estas actividades de algún modo tuvieron curiosidad por leer el material propuesto (Park *et al.*, 2016). Otra limitación del estudio fue que no se midió el nivel 4: resultados, que analizan el impacto a largo plazo en la institución. Este nivel puede ser evaluado mediante la observación continua de clases y estudio de casos de docentes de Ciencias Naturales, que implementen STEAM en sus aulas. No obstante, para que la estrategia de formación tenga impacto de una magnitud mayor, se necesita que el número de docentes capacitados aumente, incluso considerar otro tipo de docentes de otras áreas del saber. Una opción para futuras investigaciones es continuar con la formación de los docentes líderes de cada institución educativa apoyada, por la institucionalidad de los directores y los entes gubernamentales de educación, así como la evaluación de los resultados con respecto a estudiantes e impulsar más investigaciones sobre el uso del enfoque STEAM en el aula científica y la formación docente por medio del WOOC (DeCoito y Estaiteyeh, 2022).

En conclusión, la evaluación de esta estrategia de formación en el enfoque STEAM, a docentes de Ciencias Naturales, permitió hacer un acercamiento al análisis de los aspectos acertados en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la formación a docentes de Ciencias Naturales mediante *m-learning* a partir de las categorías propuestas por Kirkpatrick. Adicionalmente, le facilita al docente generar una reflexión sobre su quehacer y aumentar la motivación para usar el enfoque en sus

prácticas de aula. Aunque el modelo de evaluación puede tener limitaciones en los niveles más altos (comportamiento y resultados) debido a que requiere más tiempo, recursos y esfuerzo, en entornos de trabajo complejos como la docencia, este puede ser complementado en futuras investigaciones con otro enfoque para obtener mejores resultados.

Finalmente, la metodología aquí planteada por medio del WOOC podría fortalecer otros procesos de preparación continua, orientada a los docentes que dirigen el área de Ciencias Naturales, para enfrentar los actuales desafíos globales y las nuevas preguntas científicas que pueden surgir en las dinámicas de aula.

Referencias

- Acosta, J. M. y Repullo, S. (2019). Elaboración y validación de un cuestionario para evaluar la satisfacción de los trabajadores con la vigilancia de la salud. *Revista Enfermería del Trabajo*, 9(2), 72-93. <https://r.issu.edu.do/1V>
- Acosta, M. Z., Canto Herrera, P. J. y Quintero Mármol, N. L. (2018). The quality of teacher education postgraduates in Mexico. *Publicaciones de la Facultad de Educacion y Humanidades del Campus de Melilla*, 48(1), 155-170. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v48i1.7333>
- Alghamdi, A. A. (2022). Exploring early childhood teachers' beliefs about STEAM education in Saudi Arabia. *Early Childhood Education Journal*, 51, 247-256. <https://doi.org/10.1007/s10643-021-01303-0>
- Álvarez, M., Torres, B. y Medina, I. (2022). Effective feedback with positive emotional stimuli. *Revista Internacional de Educación y Aprendizaje*, 10(1), 47-62. <https://doi.org/https://doi.org/10.37467/gkarevedu.v10.3171>
- Amórtégui Cedeño, E. F., Mayoral García-Berlanga, O. y Gavidia Catalán, V. (2017). Aportaciones de las prácticas de campo en la formación del profesorado de Biología: un problema de investigación y una revisión documental. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (32), 153. <https://doi.org/10.7203/dces.32.9940>
- Asunción, S. (2019). Metodologías activas: herramientas para el empoderamiento docente. *Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0*, 7(1), 65-80. <https://doi.org/10.37843/rted.v7i1.27>
- Boude, O. R. (2021). Design of mobile learning strategies in higher education through a professor training process. *Formacion Universitaria*, 14(2), 181-188. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062021000200181>
- Bravo-Reyes, C. (2018). Un sistema de Wooc para la actualización docente. *RFCE*, (20), 75. <https://doi.org/10.30972/rfce.0203255>
- Bravo-Reyes, C., Apaza Zegarra, F. y Orozco Aldana, J. (2015). Metodología para el desarrollo de cursos en la modalidad de M-Learning a través de mensajería instantánea. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas*, (15), 43. <https://doi.org/10.30972/rfce.015343>
- Buils, S., Llopis-Nebot, M. Á., Valdeolivas-Novella, G. y Esteve-Mon, F. M. (2023). Análisis de una intervención educativa basada en ACAD Toolkit para la mejora del diseño didáctico en futuros docentes. *Educator*, 59(2), 315-331. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.1701>
- Camacho-Tamayo, E., Bernal-Ballén, A. y González-Fernández, M. O. (2024). Análisis de la autopercepción sobre el uso del enfoque STEAM en las estrategias de aula de docentes de Ciencias Naturales de México y Colombia. 8(1), 117-143. <https://doi.org/https://doi.org/10.32541/recie.2024.v8i1.pp117-143>
- Cardona Toro, H. L. y Rodríguez Hernández, N. (2021). *Enfoque STEAM. Una posibilidad para la formación de maestros en educación infantil* (Trabajo de grado, Universidad Pedagógica Nacional). <http://repository.pedagogica.edu.co/handle/20.500.12209/13516>
- Carmona-Mesa, J. A. y Villa-Ochoa, J. A. (2019). Formación inicial de profesores basada en proyectos para el diseño de lecciones STEAM. En *Revolución en la formación y la capacitación para el siglo XXI* (pp. 483-493). <https://doi.org/10.5281/zenodo.3524356>
- Chiriguaya, A. y Morquecho, A. (2020). *Producción animada de cápsulas informativas sobre herramientas tecnológicas para la educación a distancia* (Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral). <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56260>
- Corzo, M. A., Chacón, C. T. y Alcedo, Y. A. (2012). Los proyectos de aprendizaje interdisciplinarios en la formación docente. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 17(54), 877-902. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14023127009>
- Creswell, J. W. (2012). *Educational research planning, conducting and evaluating quantitative and*

- qualitative research* (4th ed.). Pearson.
- Danley, A., McCoy, A. y Weed, R. (2016). Exit tickets open the door to university learning. *InSight: A Journal of Scholarly Teaching*, 11, 48-58. <https://doi.org/10.46504/11201603da>
- Darling-Hammond, L., Hyler, M. E., y Gardner, M. (2017). *Effective teacher professional development*. Learning Policy Institute.
- DeCoito, I. y Estaiteyeh, M. (2022). Online teaching during the COVID-19 pandemic: exploring science/STEM teachers' curriculum and assessment practices in Canada. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 4(8). <https://doi.org/10.1186/s43031-022-00048-z>
- Domènech-Casal, J., Lope, S., y Mora, L. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(2), 2203. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203
- Domenici, V. (2022). STEAM project-based learning activities at the Science Museum as an effective training for future chemistry teachers. *Education Sciences*, 12(30), 1-32. <https://doi.org/10.3390/educsci12010030>
- Espinosa-Ríos, E. A. (2016). La formación docente en los procesos de mediación didáctica. *Praxis*, 12(1), 90. <https://doi.org/10.21676/23897856.1850>
- Giraldo-Macías, C. F., Caballero-Sahelices, M. C. y Meneses-Villagrà, J. Á. (2020). Una experiencia de práctica pedagógica con docentes en formación en Ciencias Naturales apoyada en el aprendizaje basado en proyectos (ABP). *Uni-Pluriversidad*, 20(1), 39-60. <https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.20.1.3>
- Greca, I., Ortiz-Revilla, J., y Arriasecq, I. (2021). Diseño y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje STEAM para educación primaria. *Revista Eureka*, 18(1), 1802. https://doi.org/10.25267/REV_EUREKA_ENSEN_DIVULG_CIENC.2021.V18.I1.1802
- Harris, A. y de Bruin, L. (2017). Secondary school creativity, teacher practice and STEAM education: an international study. *Journal of Educational Change*, 19(2), 153-179. <https://doi.org/10.1007/S10833-017-9311-2>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- Holguín, J., P. Baldeón, Pérez, G., Riascos, J., González, B., Campechano, E., Ulloa, B. y Opazo, J. (2021). *Educación, actualidad y perspectivas en países de América Latina*. Repositorio de la Universidad César Vallejo (Perú). <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/71061>
- Jordan, K. (2023). How can messaging apps, WhatsApp and SMS be used to support learning? A scoping review. *Technology, Pedagogy and Education*, 32(3), 275-288. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2023.2201590>
- Juškevičienė, A., Dagienė, V. y Dolgopologas, V. (2021). Integrated activities in STEM environment: methodology and implementation practice. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1), 209-228. <https://doi.org/10.1002/cae.22324>
- Kirkpatrick, D. y Kirkpatrick, J. (2006). *Evaluating training programs: the four levels*. Berrett-Koehler Publishers.
- Lee, Y., Paik, S.-H. y Kim, S.-W. (2018). A study on teachers practices of STEAM education in Korea. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 118(19), 2339-2365. <http://www.ijpam.eu>
- Leytón-Yela, G. V., Bucheli Guerrero, V. A. y Ordóñez Erazo, H. A. (2021). Revisión sistemática de literatura: MOOC K-12 y STEAM. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 9(3), 57-81. <https://doi.org/10.17081/invinno.9.3.5546>
- López-Gamboa, M. V. (2021). Curso virtual: educación STEM/STEAM, concepción e implementación. Experiencias de su ejecución con docentes costarricenses. *Innovaciones Educativas*, 23(Especial), 163-177. <https://doi.org/10.22458/ie.v23iEspecial.3620>
- Marcelo, C. y Zapata, M. (2008). Cuestionario para la evaluación. "Evaluación de la calidad para programas completos de formación docente a través de estrategias de aprendizaje abierto y a distancia". Metodología de uso y descripción de indicadores. *RED, Revista de Educación a Distancia*, (7), 2-31. <http://www.um.es/ead/red/M7/cuestionario.pdf>
- Martínez-Álvarez, I., Alonso-de-Mena, E., Lucas-Barcia, E. y García-Barrera, A. (2023). Utilidad de un curso personalizado en HSP para la mejora de la formación docente en evaluación educativa. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, (25), 7-28. <https://doi.org/10.51302/tce.2023.3389>

- Martínez Navarro, J. A. (2021). Indicadores de abandono en contextos MOOC, una aproximación pedagógica desde la literatura. *Universitas Tarraconensis. Revista de Ciències de l'Educació*, 1(3), 36. <https://doi.org/10.17345/ute.2020.3.3031>
- Ministerio de Educación Nacional (MEN). (2004). *Estándares Básicos de Competencias. Áreas Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*. MEN, 96-147.
- Morales, D. A. (2018). La salida de campo como recurso didáctico para enseñar ciencias. Una revisión sistemática. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 3103. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3103
- Motteram, G., Dawson, S. y Al-Masri, N. (2020). WhatsApp supported language teacher development: a case study in the Zataari refugee camp. *Education and Information Technologies*, 25(6), 5731-5751. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10233-0>
- Muñoz-García, E. (2014). Uso didáctico de las infografías. *JEspiral. Cuadernos del Profesorado*, 7(14), 37-43. <http://www.cepcuevasolula.es/espinal>
- Olascoaga, A. C. (2020). Teaching course for residents: evaluation of a program. *Educación Médica*, 21(3), 187-192. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2018.07.010>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2023). *PISA 2022. Results (volume I): the state of learning and equity in education*. PISA, OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Ortiz-Revilla, J., Greca, I. M. y Meneses-Villagrà, J.-À. (2021). Effects of an integrated STEAM approach on the development of competence in primary education students. *Journal for the Study of Education and Development*, 44(4), 838-870. <https://doi.org/10.1080/02103702.2021.1925473>
- Ortiz-Revilla, J., Sanz-Camarero, R. y Greca, I. (2021). Una mirada crítica a los modelos teóricos sobre educación STEAM integrada. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(2), 13-33. <https://doi.org/10.35362/rie8724634>
- Park, H. J., Byun, S. Y., Sim, J., Han, H. y Baek, Y. S. (2016). Teachers' perceptions and practices of STEAM education in South Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(7), 1739-1753. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1531a>
- Pratidhina, E., Rosana, D. y Kuswanto, H. (2021). Implementation of a tracker-assisted modeling activity in an online advanced physics experiment course. *Journal of Education and E-Learning Research*, 8(2), 222-229. <https://doi.org/10.20448/JOURNAL.509.2021.82.222.229>
- Rojas Reyes G. (2023). Estrategia mediada por tecnologías de la información y la comunicación para mejorar la ortografía de estudiantes universitarios. *I+D Revista de Investigaciones*, 18(2), 50-58. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33304/revinv.v18n2-2023005>
- Romero-Ariza, M., Quesada, A., Abril, A.-M. y Cobo, C. (2021). Changing teachers' self-efficacy, beliefs and practices through STEAM teacher professional development. *Journal for the Study of Education and Development*, 44(4), 942-969. <https://doi.org/10.1080/02103702.2021.1926164>
- Ryu, M., Mentzer, N. y Knobloch, N. (2019). Preservice teachers' experiences of STEM integration: challenges and implications for integrated STEM teacher preparation. *International Journal of Technology and Design Education*, 29(3), 493-512. <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9440-9>
- Soto-Calderón, A., Paz-Delgadillo, J. M., Domínguez-Osuna, P. M., Valdez-Oliveros, L. H., Coronado-Ortega, M. A., Oliveros-Ruiz, M. A. y Roa-Rivera, R. I. (2024). Marie Curie Lab STEAM Room: una experiencia educativa de inmersión. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(3), 617-627. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i1.1201
- Soto-Calderón, A., Oliveros Ruiz, M. A. y Roa Rivera, R. I. (2022). Curso taller STEAM para docentes: una evaluación formativa. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 10(24), 1-19. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2022.24.82377>
- Stacey, M., Wilson, R. y McGrath-Champ, S. (2020). Triage in teaching: the nature and impact of workload in schools. *Asia Pacific Journal of Education*, 42(4), 1-14. <https://doi.org/10.1080/02188791.2020.1777938>
- Toma, R. y García-Carmona, A. (2021). Of STEM we like everything but STEM. A critical analysis of a buzzing educational trend. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(1), 65-80. <https://doi.org/10.5565/REV/ENSCIENCIAS.3093>

- Vargas-Neira, S., Bernal-Ballén, Á. y Briceño-Martínez, J. J. (2024). Desarrollo profesional docente en trabajos prácticos de química: PCK declarativo vs. PCK en acción. *Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa*, 4(2), 73-107. <https://www.uan.edu.co/oficina-de-relaciones-internacionales-e-interinstitucionales-areas-de-gestion/movilidad/estudiantil>
- Wei, B. y Liu, H. (2018). An experienced chemistry teacher's practical knowledge of teaching with practical work: the PCK perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(2), 452-462. <https://doi.org/10.1039/c7rp00254h>
- Wong, J. T., Bui, N. N., Fields, D. T. y Hughes, B. S. (2022). A learning experience design approach to online professional development for teaching Science through the Arts: evaluation of teacher content knowledge, self-efficacy and STEAM perceptions. *Journal of Science Teacher Education*, 34(6), 593-623. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2022.2112552>
- Yakman, G., y Lee, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the U.S. as a practical educational framework for Korea. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 32(6), 1072-1086. <https://doi.org/10.14697/jkase.2012.32.6.1072>
- Zambrano, A. (2012). Formación docente en Colombia: arqueología de la política pública y del escenario internacional. *Educere*, 16(54), 11-19. <https://r.issu.edu.do/Tdb>