



Revista científica

ISSN: 0124-2253

ISSN: 2344-8350

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Ramos-Lizcano, Corina; Ángel-Uribe, Isabel-Cristina;
López-Molina, Giovanni; Cano-Ruiz, Yuly-Marcela

Elementos centrales de experiencias educativas con enfoque STEM

Revista científica, vol. 45, núm. 3, 2022, Septiembre-Diciembre, pp. 345-357

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

DOI: <https://doi.org/10.14483/23448350.19298>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=504375194004>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](https://www.redalyc.org)

UAEM
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto



Elementos centrales de experiencias educativas con enfoque STEM

Core Elements of STEM Approach Educational Experiences

Elementos centrais das experiências educacionais de abordagem STEM

Corina Ramos-Lizcano¹

Isabel-Cristina Ángel-Uribe¹²

Giovanni López-Molina¹³

Yuly-Marcela Cano-Ruiz¹⁴

Recibido: abril de 2022

Aceptado: julio de 2022

Para citar este artículo: Ramos-Lizcano, C., Ángel-Uribe, 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/10.14483/23448350.19298>

Resumen

Este artículo presenta una revisión bibliográfica en bases de datos multidisciplinarias para identificar elementos centrales en el desarrollo de experiencias educativas STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) desde diversas acepciones como STEM+A o STEAM, para su integración con las artes; STEM+H, por las humanidades; o STEM + Agriculture; entre otros. Este enfoque ha incrementado su presencia en diversos niveles educativos, en parte por la promoción realizada a través de organismos multilaterales como la OCDE y el BID, y por la definición de políticas públicas, en especial en Norteamérica. Se analizaron 67 artículos de investigación, de los cuales se seleccionaron 53 como muestra porque dan cuenta de experiencias STEM desarrolladas en 19 países de cuatro continentes. La mayoría (54.72 %) relaciona experiencias de Norteamérica, especialmente de

Estados Unidos, que aporta un 47.17 % del total de las fuentes del estudio. La revisión identifica las siguientes tendencias: los propósitos de aprendizaje, enfocados en el desarrollo de competencias; la colaboración entre grupos y la generación de buenas prácticas para el aprendizaje a lo largo de la vida; el uso de estrategias de aprendizaje activo; el rol de las TIC, que se identifican como articuladoras del desde su rol didáctico; y los factores de éxito del enfoque, en el que el rol del docente que prioriza el aprendizaje es preponderante. De estas tendencias se concluye que el papel del docente en la ejecución de experiencias de aprendizaje con enfoque STEM es fundamental, dadas las implicaciones pedagógicas, didácticas y humanas que supone desarrollarlo.

Palabras clave: educación; estrategias de aprendizaje; experiencias educativas; propósitos de aprendizaje; STEM; tecnologías; TICs.

1. Universidad Pontificia Bolivariana (Medellín, Colombia). Contacto: corina.ramos@upb.edu.co

2. Universidad Pontificia Bolivariana (Medellín, Colombia). Contacto: isabel.angel@upb.edu.co

3. Universidad Pontificia Bolivariana (Medellín, Colombia). Contacto: glopez@cta.org.co

4. Universidad Pontificia Bolivariana (Medellín, Colombia). Contacto: marcela.cano@upb.edu.co

Abstract

This article presents a bibliographic review in multidisciplinary databases to identify central elements in the development of STEM educational experiences from various meanings such as STEM+A or STEAM, for their integration with the arts; STEM+H, for humanities or STEM+Agriculture; among others. This approach has increased its presence at various educational levels, partly due to promotion through multilateral organizations such as the OECD and the IDB, and by the definition of public policies, especially in North America. 67 research articles were analyzed, out of which 53 were selected as a sample because they account for STEM experiences developed in 19 countries on four continents. The majority (54.72%) relate experiences from North America, especially the United States, which contributes with 47.17% of the total sources in the study. The review identifies the following trends: learning purposes, which focus on the development of skills; collaboration between groups and generating good practices for lifelong learning; the use of active learning strategies; the role of ICTs, which are identified as articulators on the basis of their didactic role; and, the success factors of the approach, in which the role of a teacher that prioritizes learning is preponderant. From these experiences, it is concluded that the role of the teacher in the execution of learning experiences with a STEM approach is fundamental, given the pedagogical, didactic, and human implications of developing it.

Keywords: education; educational experiences; ICTs; learning purposes; learning strategies; STEM; technologies.

Resumo

Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica em bases de dados multidisciplinares para identificar elementos centrais no desenvolvimento de experiências educacionais STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) a partir de vários significados como STEM+A ou STEAM, para sua integração com as artes; STEM+H, para as humanidades; ou STEM + Agricultura; entre outros. Essa abordagem tem aumentado sua presença em vários níveis educacionais, em parte devido à promoção realizada por meio de organismos multilaterais, como a OCDE e o BID, e pela definição de

políticas públicas, especialmente na América do Norte. Foram analisados 67 artigos de pesquisa, dos quais 53 foram selecionados como amostra por relatarem experiências STEM desenvolvidas em 19 países em quatro continentes. A maioria (54,72%) relata experiências da América do Norte, especialmente dos Estados Unidos, que contribui com 47,17% do total de fontes do estudo. A revisão identifica as seguintes tendências: propósitos de aprendizagem, focados no desenvolvimento de competências; colaboração entre grupos e geração de boas práticas de aprendizagem ao longo da vida; o uso de estratégias ativas de aprendizagem; o papel das TICs, identificadas como articuladoras a partir de seu papel didático; e os fatores de sucesso da abordagem, em que o papel do professor que prioriza o aprendizado é preponderante. A partir dessas tendências, conclui-se que o papel do professor na execução de experiências de aprendizagem com abordagem STEM é fundamental, dadas as implicações pedagógicas, didáticas e humanas envolvidas em desenvolvê-la.

Palavras-chaves: educação; estratégias de aprendizado; experiências educativas; propósitos de aprendizagem; STEM; tecnologias; TIC.

Introducción

El impacto de la era digital y las lógicas propias del siglo XXI trajeron consigo cambios en todos los ámbitos de la vida, que propenden por la transformación de la enseñanza y el aprendizaje acordes con las necesidades emergentes de la sociedad. En este sentido, desde los años 90 la National Science Foundation (NSF) propone el STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) como un enfoque interdisciplinario ([Sanders, 2009](#)).

Este enfoque toma fuerza en el año 2010, principalmente en Estados Unidos, aunque también en países como Alemania, Turquía, Colombia, Nueva Zelanda, Australia, Canadá y Rusia, entre otros, por la necesidad de fortalecer el conocimiento de disciplinas científico-tecnológicas, esto con la finalidad de que las nuevas generaciones desarrollen nuevas habilidades como la innovación, la creatividad, la criticidad, la autonomía y que, a su

vez, tengan una participación activa en la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) y en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en cada país ([Pahnke, O'Donnell y Bascopé, 2019](#)).

Parte de la transformación en la educación que pretende el enfoque STEM es la reducción de la brecha de género ([Oliveros-Ruiz, 2019](#), [Saffie-Robertson, 2020](#); [Vallejo, 2019](#)), el estudio de las barreras y retos que atraviesan las poblaciones afroamericanas matriculadas en carreras STEM ([Lancaster y Jade Xu, 2017](#)), el aprendizaje de comunidades identificadas como queer, que exponen por medio de las experiencias STEM su cultura y entorno extraescolar ([Friedensen et al., 2021](#)), entre otras.

El enfoque pretende transversalizar, además de las áreas, a los actores que forman parte de los procesos de aprendizaje, como la familia. Esta, para [García-Piqueras y Sotos-Serrano \(2021\)](#), es una de las variables para el éxito de la implementación de un proyecto STEM. De la misma manera, se relaciona la necesidad de involucrar al entorno (sociedad, empresa y estado) en el proceso formativo del estudiante. Según el [Departamento de Educación - Gobierno de Puerto Rico \(2020\)](#), cuando la institución educativa y el estado se implican y comprometen con la educación mejoran los resultados del aprendizaje.

Ahora bien, la educación con enfoque STEM, según [Sanders \(2009\)](#), se transforma en la medida que se reconocen las posibilidades que brinda la integración de otras áreas, por ejemplo, las artes (STEAM, por su sigla en inglés Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics, o STEM+A) y grados ([Castro-Inostroza, Jiménez-Villarroel y Medina-Paredes, 2021](#)). [Cilleruelo y Zubia \(2014\)](#) proponen esta integración como un nuevo marco de aprendizaje en el que se tiene en cuenta la satisfacción personal y permite el diseño de conexiones curriculares con otras áreas, anteriormente consideradas incompatibles, tejiendo nuevas relaciones entre competencias y temas de currículum.

Así mismo, STEM comprende otras acepciones que permiten crear vínculos con diversas disciplinas, lo que posibilita una construcción más integral del conocimiento, como lo propone la ciudad de Medellín con el Territorio STEM+H, en el que la letra H representa las Humanidades ([Cano y Ángel, 2020](#)), y que más adelante, la Alcaldía de Medellín lo renombra como Ser+STEM ([Moya y Alcaldía de Medellín, 2020](#)), el cual impulsa la creación de estrategias para el mejoramiento de la calidad educativa con prácticas reflexivas desde el saber, el hacer y el ser. También se encuentran otros como STEM+Agriculture mencionado por [Swafford \(2018\)](#), en el cual se exploran fronteras multidisciplinarias incluida la agricultura, con un enfoque laboral y económico, permitiendo una relación entre ciencias y matemáticas.

En la implementación del enfoque STEM se utilizan estrategias que se adaptan al contexto y a la cultura de los estudiantes y la comunidad, como lo son las estrategias de aprendizaje activo, las cuales contribuyen al desarrollo de competencias y habilidades como el pensamiento de diseño (Design Thinking). Al respecto, [Dotson et al. \(2020\)](#) relacionan una experiencia STEM en la que a través de un plan de estudio llamado Ignite se pretende llegar a comunidades rurales de escasos recursos para utilizar esta estrategia en los niveles de básica y media. Por otra parte, [Fuentes y González \(2017; 2019\)](#), precisan que las estrategias de aprendizaje gamificadas están vinculadas directamente con la mejora de la motivación. Estas, entre otras que se utilizan en el enfoque, implican el planteamiento de preguntas de investigación por parte del estudiante, propiciando el aprendizaje reflexivo y científico ([Borromeo, 2019](#); [Sari et al., 2020](#)).

En este mismo sentido, hay academias, como Builders, que han optado por implementar el aprendizaje basado en proyectos (ABP) con el uso de tecnologías, makerspaces que exploran un tema de manera colaborativa y comparten el conocimiento logrado en equipo ([Escobar y Qazi, 2020](#)). Por su parte, [Freiman \(2020\)](#) resalta las

posibilidades que tienen los profesores de identificar oportunidades de aprendizaje con la ayuda de una amplia serie de tecnologías y estrategias de vanguardia con el uso de Minecraft, realidad virtual, Scratch, impresoras 3-D, kits de Lego-robotics, de circuitos eléctricos y de Arduinos, computadores con *software* de diseño, computadores Apple, materiales para artes y manualidades, Tinkercad (para diseño en 3-D), software de producción multimedia, entre otros. De la misma manera [Young, Carter y Bengtson \(2020\)](#) aplican el enfoque a través de *makerspaces* en la escuela primaria, con el uso del iPad con Dash Robot y de MakeDo para la construcción con cartón, como experiencia exitosa en el aprendizaje creativo e innovador de sus estudiantes. En otras experiencias se usa Geogebra, un software de matemáticas dinámicas que está dirigido a todos los niveles educativos y que reúne geometría, álgebra y estadística con la posibilidad de acceder a hojas de cálculo y gráficos en un solo programa, para optimizar la enseñanza de la matemática ([Almaraz y López, 2018](#)). Lo anterior da cuenta, entre otras cosas, del papel didáctico y pedagógico de la tecnología en el enfoque STEM, así como de la importancia del uso de recursos y dispositivos tecnológicos para la ejecución y evaluación de estas experiencias formativas.

Entre los desafíos y oportunidades encontrados está llegar a una definición compartida de tecnología entre los participantes, esto porque existe una idea errónea sobre su definición, que de manera general, era entendida únicamente como el uso de computadoras, dispositivos computacionales y de comunicación, como lo exponen Daugherty (2010); National Research Council (2012) y [Sanders \(2009\)](#) citados por [Smith, Young y Carter \(2019\)](#), quienes reconocen la importancia del uso tanto de las nuevas tecnologías como de las tradicionales. Los elementos señalados en esta introducción se consideran como centrales de las experiencias educativas con enfoque STEM y, por tanto, objeto de estudio de la presente revisión.

Metodología

La revisión documental realizada tiene el propósito de identificar elementos que se consideran relevantes para el desarrollo de experiencias formativas con enfoque STEM, esta actividad sistemática y planificada permite captar información valiosa para revelar los intereses investigativos del campo ([Bisquerra, 2004](#)). El conjunto de documentos analizados constó de 67 fuentes de información, de las cuales 14 fueron excluidas por insuficiente información empírica y 53 se seleccionaron como muestra porque dan cuenta de una diversidad de experiencias STEM. Estas se desarrollaron en 19 países de cuatro continentes: América (66,04 %), Europa (18,87 %), Asia (5,66 %) y África (5,66 %). La mayoría de los estudios, en un 54,72 %, relaciona experiencias de Norteamérica, especialmente de Estados Unidos, que aporta un 47,17 % del total de las fuentes del estudio. Seguidos, en un 13,21 %, por aquellos que relacionan experiencias de España. Se resalta el hallazgo de un 5,66 % de experiencias binacionales entre Estados Unidos y Colombia, Chile y Japón, y Guatemala y México.

La búsqueda de la literatura científica se realizó en bases de datos multidisciplinarias como Ebsco Host, Sage Journals, Science Direct, Scopus, Springer Link y Taylor and Francis, por medio de descriptores, en inglés y español, como: enfoque STEM, educación STEM, formación STEM, experiencias científicas, habilidades STEM, integración STEM, metodologías innovadoras/activas, motivación y ciencia, programas extracurriculares y tecnología. La fuente documental más antigua utilizada para el análisis fue publicada en el año 2016, es decir, tiene 6 años de haber sido compartida con la comunidad científica. De estas, el 30,19 % es de textos escritos en español y el 69,81 % en inglés. Y, sobre las tipologías de estos, el 92,45 % es de artículos y el 7,55 % de capítulos de libro resultados de investigación.

Se realiza un análisis de contenido ([López, 2002](#)), para el cual se sistematizan los datos

relevantes en una matriz documental con los siguientes campos: descriptores de la búsqueda, tipo de fuente, referencia, idioma, año de publicación, país, palabras clave, descripción de la experiencia, nivel educativo de la experiencia, sector educativo, nivel de implementación del enfoque, tecnologías utilizadas en la experiencia, áreas que integra la experiencia, citas destacadas y observaciones generales de los investigadores. Luego se realiza una lectura en profundidad y se contrastan los datos para construir las cuatro tendencias halladas ([Tabla 1](#)). Finalmente se procede con la interpretación y la síntesis de la información para presentar, a continuación, los resultados del proceso.

Resultados

Los resultados que se exponen a continuación corresponden a las tendencias encontradas en las experiencias STEM revisadas. La primera alude a los propósitos de aprendizaje reconocidos en estas experiencias, la segunda se relaciona con las estrategias de aprendizaje activo que se utilizan, la tercera expone los hallazgos sobre el rol que tienen

las tecnologías en estos procesos formativos, y, por último, se presentan los factores de éxito que se identifican en las experiencias educativas con enfoque STEM revisadas.

Propósitos de aprendizaje de experiencias educativas con enfoque STEM

Las experiencias relacionadas en este texto evidencian algunos propósitos de aprendizaje, como el desarrollo y la mejora de las competencias del siglo XXI que contribuyen al desarrollo personal, tecnológico y social del alumnado ([Cifuentes y Caplan, 2019](#)), estas incluyen la resolución de problemas, el pensamiento crítico, la creatividad, el trabajo en equipo, entre otras. Al respecto, [Roberts et al. \(2018\)](#) mencionan que para algunos estudiantes el aprendizaje con enfoque STEM contribuye a su formación, al desarrollo de la creatividad y al éxito en la retención de los contenidos, obteniendo mayores probabilidades de que otros estudiantes cursen carreras STEM más adelante.

De la misma manera, [Sari et al. \(2020\)](#) señalan sobre los entornos de aprendizaje STEM que deben

Tabla 1. Tendencias halladas en el estudio según las fuentes de información analizadas

Tendencias	Fuentes
Propósitos de aprendizaje de experiencias educativas con enfoque STEM	Construida con 19 fuentes: Araya (2016); Boateng (2017); Comeaux et al. (2017); Grafnetterova, Contreras y Banda (2021); Kersey y Voigt (2021); Kim, Sinatra y Seyranian (2018); Koch et al. (2018); Makarova, Aeschlimann y Herzog (2016); Marco-Bujosa, Joy y Sorrentino (2021); Morgan y Gerber (2016); Olutayo y Adebayo (2021); Aldana (2017); Sari et al. (2020); Aldana y Caplan (2019); Ring et al. (2017); Ariffin, Sidel y Mutalib (2018); Cifuentes y Caplan (2019); Freiman (2020); Roberts et al. (2018)
Estrategias de aprendizaje activo en el enfoque STEM	Construida con 10 fuentes: Borromeo (2019); Calvo, Herrero y Paniagua (2020); Domínguez et al. (2019); Escobar y Qazi (2020); Sahin, Ekmekci y Waxman (2017); Suarez et al. (2021); Aravena, Rodríguez y Barría (2020); Domènech-Casal (2020); García-Piquerias y Sotos-Serrano (2021); Sari et al. (2020)
Rol de las TIC en las experiencias educativas con enfoque STEM	Construida con 12 fuentes: Ariffin et al. (2018); Cifuentes y Caplan (2019); Freiman (2020); Roberts et al. (2018); Arabit y Prendes (2020); Bravo-Mosquera et al. (2019); Cadorin et al. (2017); Del Cerro y Lozano (2019); Johnson (2017); Manzano, Gómez y Mozo (2017); Orquín et al. (2017); Smith et al. (2019)
Factores de éxito en las experiencias educativas con enfoque STEM	Construida con 22 fuentes: Domènech-Casal (2020); García-Piquerias y Sotos-Serrano (2021); Coello et al. (2018); Conrad et al. (2018); Diamond y Stebleton (2019); Elliott, Mavriplis y Anis (2020); Hamilton et al. (2021); Hite y Milbourne (2021); Jiang et al. (2021a); Jiang et al. (2021b); Maiorca et al. (2021); Mihelich et al. (2017); Mondisa (2021); Nelson et al. (2017); Ryu, Mentzer y Knobloch (2019); Schwartz y Burrows (2020); Stanford et al. (2017); Tenenbaum et al. (2017); Walan y Gericke (2021); Sari et al. (2020); Aldana y Caplan (2019); Ring et al. (2017)

“[...] ofrecer oportunidades a los estudiantes para que desarrollen habilidades del siglo XXI como la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la creatividad” (p. 388), para que puedan aplicar estas habilidades y capacidades en la cotidianidad y resolver problemas del mundo real ([Ariffin et al., 2018](#); [Freiman, 2020](#); [Ring et al., 2017](#)). Lo anterior, según [Aldana y Caplan \(2019\)](#), genera buenas prácticas que a lo largo de la vida fomentan círculos virtuosos de aprendizaje.

Además del desarrollo de competencias, el enfoque busca el interés y la motivación de los estudiantes para aprender ([Morgan y Gerber, 2016](#)), entre otras cosas, con la tecnología ([Araya, 2016, p. 293](#)), y, también, que los estudiantes obtengan un mayor rendimiento y desempeño académico ([Koch et al., 2018](#)). Para [Aldana \(2017\)](#): “La multidisciplinariedad ha permitido un mejor rendimiento de los estudiantes [...], además de fomentar la creatividad dentro y fuera del aula” (p. 5).

También, se encuentran grupos de participantes a los que los convocan intereses comunes o características particulares como a los atletas ([Comeaux et al., 2017](#); [Grafnetterova et al., 2021](#)), los colectivos con enfoque de género con mujeres integrantes ([Boateng, 2017](#); [Elliott et al., 2020](#); [Kim et al., 2018](#); [Olutayo y Adebayo, 2021](#); [Makarova et al., 2016](#); [Marco-Bujosa et al., 2021](#)), los conformados por la comunidad queer ([Kersey y Voigt, 2021](#)), entre otros.

Estrategias de aprendizaje activo en experiencias educativas con enfoque STEM

A partir de la información analizada sobre experiencias con enfoque STEM, es reiterada la utilización de las estrategias de aprendizaje activo en cada una de ellas, destacándose las siguientes: el aprendizaje basado en investigación o Inquiry Based Learning (IBL) o la enseñanza reflexiva ([Borromeo, 2019](#); [Sari et al., 2020](#)), el aprendizaje basado en problemas ([Aravena et al., 2020](#); [Sahin et al., 2017](#); [Suarez et al., 2021](#)), el aprendizaje basado en proyectos ([Domènech-Casal, 2020](#);

[Escobar y Qazi, 2020](#); [García-Piqueras y Sotos-Serrano, 2021](#); [Suarez et al., 2021](#)) y el aprendizaje basado en juegos con principios lúdicos ([Calvo et al., 2020](#); [Domínguez et al., 2019](#)). Las estrategias mencionadas les permitieron a los estudiantes explorar el mundo, hacer preguntas y descubrimientos, y realizar experimentos en la búsqueda de nuevos conocimientos.

De manera particular el IBL o enseñanza reflexiva valora las ideas y preguntas del alumno para trabajar hacia el logro de los resultados deseados, actuando de forma independiente para la alfabetización en el enfoque STEM ([Borromeo, 2019](#); [Sari et al., 2020](#)). Por su parte, el aprendizaje basado en problemas y en proyectos (ABP) promueve el estudio de los conceptos científicos mediante su instrumentalización en la resolución de un problema o elaboración de un producto, aunque también es usado para disfrutar de experiencias estéticas, obtener conocimientos, contribuir a la formación de estudiantes reflexivos y responsables de lo que ocurre a su alrededor, conscientes de las problemáticas y trabajar en colectivo para proponer e implementar propuestas de solución ([Aravena et al., 2020](#); [Domènech-Casal, 2020](#); [Suarez et al., 2021](#)). Por último, el aprendizaje basado en juegos o gamificación propone la experiencia formativa de manera lúdica, utilizando material didáctico que permite la interacción de todos los participantes y, al mismo tiempo, hacer diferente y divertida la clase ([Calvo et al., 2020](#); [Domínguez et al., 2019](#)).

Rol de las TIC en las experiencias educativas con enfoque STEM

En la revisión de la literatura científica se distingue el papel de las tecnologías de información y comunicación (TIC) desde las dimensiones técnica, pedagógica y didáctica. La primera las comprende desde una perspectiva instrumental, como un medio o herramienta ([Arabit y Prendes, 2020](#); [Smith et al., 2019](#)). Algunas de las tecnologías utilizadas en las experiencias analizadas son las impresoras

3D ([Bravo-Mosquera et al., 2019](#); [Freiman, 2020](#); [Orquín et al., 2017](#)), dispositivos móviles ([Ariffin et al., 2018](#); [Cadorin et al., 2017](#)), LEGO ([Freiman, 2020](#); [Roberts et al., 2018](#)), entre otras.

Por su parte, la dimensión pedagógica vela por la calidad de los procesos de enseñanza-aprendizaje y alcanzar los propósitos de aprendizaje sugeridos ([Johnson, 2017](#); [Manzano et al., 2017](#)); y, por último, la dimensión didáctica, supone “una oportunidad para implicarse en nuevas metodologías activas por parte del alumnado que favorezcan el aprendizaje significativo por competencias” ([Orquín et al., 2017, p. 108](#)). En algunas instituciones educativas se utilizan las TIC de manera transversal para la enseñanza en todas las áreas de conocimiento ([Arabit y Prendes, 2020](#)), no solo de las relacionadas con el STEM, sino que también se incluyen otras como el arte ([Del Cerro y Lozano, 2019](#)).

En cualquiera de los casos, “la tecnología no es la que cambia la educación sino el buen uso de esta” ([Cadorin et al., 2017, p. 19](#)), por lo tanto, es necesaria la formación del profesorado, para dinamizar los procesos de enseñanza y aprendizaje, aprovechar sus beneficios pedagógicos, mediar para que los estudiantes alcancen las competencias propuestas ([Del Cerro y Lozano, 2019, p. 3](#)) y aliarse con los avances tecnológicos para vislumbrar el potencial de cada alumno ([Cadorin et al., 2017](#); [Cifuentes y Caplan, 2019](#)).

Factores de éxito en las experiencias educativas con enfoque STEM

En el marco de las experiencias formativas con enfoque STEM se evidencia que hay factores que las orientan al éxito como los fenómenos sociales y psicológicos del contexto de los estudiantes que pueden limitar su proceso educativo ([Jiang et al., 2021a](#); [Ring et al., 2017](#)), las prácticas de enseñanza de los profesores ([Ryu et al., 2019](#)) que se convierten en retos para los docentes que intentan adaptar sus modos de enseñanza ([Coello et al., 2018](#); [Jiang et al., 2021b](#)), y el involucramiento

familiar, social y la actuación de agentes externos. Al respecto, [Aldana y Caplan \(2019\)](#) encuentran que los estudiantes que cuentan con la participación de su familia y amigos presentan menores índices de participación en actividades de riesgo, en grupos vulnerables y esto les permite mejorar sus indicadores de éxito escolar.

Por otra parte, distintos autores ([Diamond y Stebleton, 2019](#); [Maiorca et al., 2021](#); [Mihelich et al., 2017](#); [Stanford et al., 2017](#); [Walan y Gericke, 2021](#)) destacan la pertinencia de la evaluación formativa del proceso; además mencionan la importancia de la capacitación del profesorado, de la que [García-Piqueras y Sotos-Serrano \(2021\)](#) resaltan la formación, y el compromiso alcanzado. En general, concluyen que el rol de los profesores es fundamental para la ejecución de este tipo de experiencias educativas ([Hamilton et al., 2021](#); [Hite y Milbourne, 2021](#); [Ring et al., 2017](#)).

En relación con la evaluación formativa del proceso, [Domènech-Casal \(2020\)](#) y [Sari et al. \(2020\)](#) la consideran como un factor fundamental para el éxito de una experiencia con enfoque STEM, ya que les brinda a los profesores, a la institución educativa y a los mismos estudiantes, un panorama más amplio de lo realizado y los posibles aspectos a mejorar. Como parte de esta, la mentoría es muy utilizada para llevar a cabo la formación, así como lo explican [Conrad et al. \(2018\)](#), [Elliot et al. \(2020\)](#), [Mondisa \(2021\)](#), [Nelson et al. \(2017\)](#), [Tenenbaum et al. \(2017\)](#) y [Schwartz y Burrows \(2020\)](#).

Discusión y conclusiones

El enfoque STEM se ha difundido especialmente en Estados Unidos, sin embargo, la introducción en Latinoamérica está en aumento, con propuestas como la Red STEM Latinoamérica, la incorporación en las políticas educativas y la declaración de territorios STEM como las de Medellín y Bogotá en Colombia, el Estado de México en México, Valparaíso en Chile, Vicente López en Buenos Aires, Argentina, entre otros ([Siemens Stiftung, 2021](#)). Este ha buscado fortalecer la conexión entre el

aprendiz y la práctica real, el pensamiento científico, para crear una comprensión propia del mundo (McDonald, 2016).

En lo relacionado con los propósitos de aprendizaje que tienen las experiencias educativas con enfoque STEM, se evidencia que esta apuesta, de los años 90, permanece vigente y renovada, especialmente para la formación en las competencias del siglo XXI que impulsa la educación para el trabajo, el desarrollo humano y el desarrollo sostenible (Cano y Ángel, 2020). Este enfoque se reconoce como posibilitador de condiciones para la motivación, la creatividad y el trabajo colaborativo en los estudiantes, así como de escenarios que permiten el desarrollo de argumentos para la toma de decisiones y del aprendizaje a lo largo de la vida.

Las tendencias encontradas en la literatura ratifican la necesidad de usar estrategias de aprendizaje activo para el desarrollo de experiencias con enfoque STEM, para lo cual es necesario la integración de las prácticas de enseñanza innovadoras y creativas, lo que es un reto, no menor, especialmente para docentes e instituciones educativas (IE) latinoamericanas, que, en algunos casos, tienen recursos limitados, brechas digitales, enfoques altamente normativos y una formación basada en contenidos temáticos.

La incorporación y la integración de las TIC en los procesos formativos juegan un rol determinante en el enfoque STEM, por sus aportes didácticos y la motivación que generan (Martín y Santaolalla, 2020). Sin embargo, su uso no debe ser el propósito; las TIC son mediadoras, de forma transversal, para permitir la comunicación e interacción entre los actores educativos, los pensamientos computacional, científico y tecnológico, el desarrollo de los productos de aprendizaje que se proponen para la solución de problemas reales, etc.

En consecuencia, es importante la formación de competencias digitales, la creación de ambientes de aprendizaje enriquecidos con TIC (Ricardo et al., 2021) y su uso responsable y ético. Lo anterior ratifica que, además de las posibilidades que brindan el contexto, los recursos técnicos y

tecnológicos, el acompañamiento familiar, etc., el rol del docente es fundamental por las implicaciones pedagógicas, didácticas y humanas que tiene desarrollarlo para propender por experiencias de aprendizaje dentro y fuera del aula hacia la construcción situada y colaborativa de conocimiento con el fin de aportar con productos y procesos que buscan dar solución a problemas reales locales y globales, individuales y comunitarios.

Entre las limitaciones se encuentra que, sobre experiencias educativas con enfoque STEM, los resultados se centran en visibilizar las virtudes y los beneficios de su implementación, por tanto, una línea de trabajo futura será profundizar sobre las dificultades, riesgos y retos que se hallan a partir de la puesta en práctica del enfoque.

Agradecimientos

Agradecemos a la Convocatoria Conjunta de Proyectos de I+D+I de la Agenda Regional de I+D+I que financian las universidades del G8+1 por visibilizar la investigación.

Referencias

Aldana, W. (2017). *Experiencias STEAM para profesores de enseñanza media*. <https://recursos.educoas.org/publicaciones/experiencias-steam-para-profesores-de-ense-anza-media>

Aldana, W., Caplan, M. (2019). Experiencias STEAM en América Latina como metodologías innovadoras de educación. https://www.academia.edu/39519601/Experiencias_STEAM_en_Am%C3%A9rica_Latina_como_metodolog%C3%ADAs_innovadoras_de_educaci%C3%B3n

Almaraz, C., López, C. (2018). Ejemplo de buena práctica en la enseñanza STEM. En C. López (ed.), *Innovar en las aulas: modelos y experiencias de innovación educativa en el Máster de Profesorado de Educación Secundaria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idioma* (pp. 203-216). Ediciones Universidad Salamanca

Arabit, J., Prendes, M. P. (2020). Metodologías y tecnologías para enseñar STEM en educación primaria: análisis de necesidades. *Pixel-Bit: Revista de Medios y Educacion*, 57, 107-128. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2020.i57.04>

Aravena, M., Rodríguez, M., Barría, L. (2020). Caracterización de las habilidades STEM en procesos de etnomodelado con alumnos/as trabajadores/as migrantes haitianos/as de la ciudad de Talca. *Estudios Pedagógicos*, 46(2), 397-419. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052020000200392>

Araya, P. (2016). STEM y modelamiento matemático. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, 11(15), 291-317

Ariffin, S., Sidek, S. F., Mutalib, M. F. H. (2018). A preliminary investigation of Malaysian student's daily use of mobile devices as potential tools for STEM in a local university context. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 12(2), 80-91. <https://doi.org/10.3991/ijim.v12i2.8015>

Bisquerra, R. (coord.) (2004). *Metodología de la investigación educativa*. La Muralla

Boateng, F. K. (2017). Unfettering the ball and chain of gender discrimination: Gendered experiences of senior STEM women in Ghana. *Cogent Education*, 4(1), e1418135. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2017.1418135>

Borromeo, R. (2019). Educación matemática interdisciplinaria en la escuela - ejemplos y experiencias. *UCMaule*, 57, 25-37. <https://doi.org/10.29035/ucmaule.57.25>

Bravo-Mosquera, P., Cisneros-Insuasti, N., Mosquera-Rivadeneira, F., Avendaño-Uribe, B. (2019). Aprendizaje STEM basado en diseño de aeronaves: una estrategia interdisciplinaria desarrollada para clubes de ciencia Colombia. *Ciencia y Poder Aéreo*, 14(1), 204-227. <https://doi.org/10.18667/cienciapoderaeo.629>

Cadorin, P., Sommer, S. da Silva, M. A., Schardosim, J. P., da Silva, J. B. (2017). Technology integration actions in mathematics teaching in Brazilian basic education: Stimulating STEM disciplines. *RED: Revista de Educación a Distancia*, 52, e7. <https://doi.org/10.6018/red/52/7>

Calvo, L. F., Herrero, R., Paniagua, S. (2020). Influencia de procesos de ludificación en entornos de aprendizaje STEM para alumnos de educación superior. *Trilogía: Ciencia Tecnología Sociedad*, 12(22), 35-68. <https://doi.org/10.22430/21457778.1604>

Cano, L. M., Ángel, I. C. (2020). *Medellín Territorio STEM+H: un diagnóstico de la Secretaría de Educación de Medellín sobre el desarrollo del enfoque en las instituciones educativas de la ciudad*. Editorial Universidad Pontificia Bolivariana. <https://doi.org/10.18566/978-958-764-837-9>

Castro-Inostroza, A., Jiménez-Villarroel, R., Medina-Paredes, J. (2021). Diseño de unidades STEM integradas: una propuesta para responder a los desafíos del aula multigrado. *Científica*, 42(3), 339-352. <https://doi.org/10.14483/23448350.17900>

Cifuentes, A., 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 de la Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero

Cilleruelo, L., Zubiaga, A. (2014). Una aproximación a la educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología. En J. Cruz y M. Díaz (Coord.), *Investigar en psicodidáctica: una realidad en auge*. Universidad del País Vasco

Coello, S. M., Crespo, T., Hidalgo, J. Díaz, D. (2018). El modelo STEM como recurso metodológico didáctico para construir el conocimiento científico crítico de estudiantes de Física. *Latin-American Journal of Physics Education*, 12(2), e2306

Comeaux, E., Bachman, T., Burton, R. M., Aliyeva, A. (2017). Undergraduate experiences of division I athlete science, technology, engineering, and mathematics (STEM) graduates. *Journal of Science Education and Technology*, 26, 24-32. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9648-y>

Conrad, J., Polly, D., Binns, I., Algozzine, B. (2018). Student perceptions of a summer robotics camp experience. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 91(3), 131-139. <https://doi.org/10.1080/00098655.2018.1436819>

Del Cerro, F., Lozano, F. (2019). Proyecto técnico ecológico apoyado en las TIC para el aprendizaje STEM (Dibujo Técnico) y la consolidación de los ODS en el aula. *RED: Revista de Educación a Distancia*, 19(60), e04. <https://doi.org/10.6018/red/60/04>

Departamento de Educación - Gobierno de Puerto Rico. (2020). *Módulo Didáctico de Ciencias de la Familia y el Consumidor con enfoque STEM en Nivel Primario*

Diamond, K. K., Stebleton, M. J. (2019). The science identity experiences of undergraduate, foreign-born immigrant women in STEM at U.S. institutions. *Journal of Women and Gender in Higher Education*, 12(2), 143-165. <https://doi.org/10.1080/19407882.2019.1568265>

Domènec-Casal, J. (2020). Diseñando un simulador de ecosistemas. Una experiencia STEM de enseñanza de dinámica de los ecosistemas, funciones matemáticas y programación. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), e3202. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3202

Domínguez, P. M., Oliveros, M. A., Coronado, M. A., Valdez, B. (2019). Retos de ingeniería: enfoque educativo STEM+A en la revolución industrial 4.0. *Innovación educativa*, 19(80), 15-32

Dotson, M. E., Alvarez, V., Tackett, M., Asturias, G., Leon, I., Ramanujam, N. (2020). Design thinking-based STEM learning: Preliminary results on achieving scale and sustainability through the Ignite model. *Frontiers in Education*, 5, e14. <https://doi.org/10.3389/feduc.2020.00014>

Elliott, C., Mavriplis, C., Anis, H. (2020). An entrepreneurship education and peer mentoring program for women in STEM: Mentors' experiences and perceptions of entrepreneurial self-efficacy and intent. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 16, 43-67. <https://doi.org/10.1007/s11365-019-00624-2>

Escobar, M., & Qazi, M. (2020). Builders: A project-based learning experience to foster STEM interest in students from underserved high schools. *Journal of STEM Education: Innovations & Research*, 21(3), 35-43

Freiman, V. (2020). Issues of teaching in a new technology-rich environment: Investigating the case of New Brunswick (Canada) school makerspaces. En Y. Ben-David, D. Martinovic, & M. Milner-Bolotin, (Eds.), *STEM Teachers and Teaching in the Digital Era* (pp. 273-292). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-29396-3>

Friedensen, R. E., Kimball, E., Vaccaro, A., Miller, R. A., Forester, R. (2021). Queer science: Temporality and futurity for queer students in STEM. *Time & Society*, 30(3), 332-354. <https://doi.org/10.1177/0961463X211008138>

Fuentes, M., González, J. (2017). Necesidades formativas del profesorado de Secundaria para la implementación de experiencias gamificadas en STEM. *RED: Revista de Educación a Distancia*, 54, e8. <https://doi.org/10.6018/red/54/8>

Fuentes-Hurtado, M., González, J. (2019). Evaluación inicial del diseño de unidades didácticas STEM gamificadas con TIC. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 70, e1469. <https://doi.org/10.21556/edutec.2019.70.1469>

García-Piqueras, M., Sotos-Serrano, M. (2021). Regeneración forestal tras un incendio: complejidad y protocolos en una aproximación STEM transversal. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), e1201. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1201

Grafnetterova, N., Contreras, H. C., Banda, R. M. (2021). Teamwork makes the dream work: Experiences of student-athletes in STEM with dual advising. *NACADA Journal*, 41(1), 47-63. <https://doi.org/10.12930/NACADA-20-06>

Hamilton, M., O'Dwyer, A., Leavy, A., Hourigan, M., Carroll, C., Corry, E (2021). A case study exploring primary teachers' experiences of a STEM education school-university partnership. *Teachers and Teaching*, 27(1-4), 17-31 <https://doi.org/10.1080/13540602.2021.1920906>

Hite, R. L., Milbourne, J. D. (2021). Divining the professional development experiences of K-12 STEM master teacher leaders in the United States. *Professional Development in Education*, 48(3), 476-492. <https://doi.org/10.1080/19415257.2021.1955733>

Jiang, H., Wang, K., Wang, X., Lei, X., Huang, Z. (2021a). Understanding a STEM teacher's emotions and professional identities: A three-year longitudinal case study. *International Journal of STEM Education*, 8, e51, <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00309-9>

Jiang, Y., Popov, V., Li, Y., Myers, P., Dalrympler, O., Spencer, J. (2021b). "It's like I'm really there": Using VR experiences for STEM career development. *Journal of Science Education and Technology*, 30, 877-888. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09926-z>

Johnson, D. D. (2017). On the Farm STEM Experience. *Delta Kappa Gamma Bulletin*, 83(4), 13-16

Kersey, E., Voigt, M. (2021). Finding community and overcoming barriers: experiences of queer and transgender postsecondary students in mathematics and other STEM fields. *Mathematics Education Research Journal*, 33, 733-756. <https://doi.org/10.1007/s13394-020-00356-5>

Kim, A. Y., Sinatra, G. M., Seyranian, V. (2018). Developing a STEM identity among young women: A social identity perspective. *Review of Educational Research*, 88(4), 589-625. <https://doi.org/10.3102/0034654318779957>

Koch, R., Kucsera, J., Angus, K. B., Norman, K., Bowers, E., Nair, P., Moon, K. S., Karimi, A., Barua, S. (2018). Enhancing learning power through first-year experiences for students majoring in STEM disciplines. *Journal of STEM Education: Innovations & Research*, 19(1), 22-29

Lancaster, C., Jade Xu, Y. (2017). Challenges and supports for African American STEM student persistence: A case study at a racially diverse four-year institution. *The Journal of Negro Education*, 86(2), 176-189. <https://doi.org/10.7709/jnegroeducation.86.2.0176>

López, F. (2002). El análisis de contenido como método de investigación. *Revista de Educación*, 4, 167-179

Maiorca, C., Roberts, T., Jackson, C., Bush, S., Delaney, A., Mohr-Schroeder, M. J., Soledad, S. Y. (2021). Informal learning environments and impact on interest in STEM careers. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 19, 45-64. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-10038-9>

Makarova, E., Aeschlimann, B., Herzog, W. (2016). Why is the pipeline leaking? Experiences of young women in STEM vocational education and training and their adjustment strategies. *Empirical Research in Vocational Education and Training*, 8, e2. <https://doi.org/10.1186/s40461-016-0027-y>

Manzano, J., Gómez, M., Mozo, J. (2017). Mecanismos articulados: geometría dinámica y cinemática en un entorno educativo STEM. *Innoeduca: International Journal of Technology and Educational Innovation*, 3(1), 15-27. <https://doi.org/10.24310/innoeduca.2017.v3i1.1973>

Marco-Bujosa, L. M., Joy, L., Sorrentino, R. (2021). Nevertheless, she persisted: A comparison of male and female experiences in community college STEM programs. *Community College Journal of Research and Practice*, 45(8), 541-559. <https://doi.org/10.1080/10668926.2020.1727382>

Martín, O., Santaolalla, E. (2020). Educación STEM: formación con "con-ciencia". *Padres y Maestros*, 381, 41-46. <https://doi.org/10.14422/pym.i381.y2020.006>

McDonald, C. (2016). STEM education: A review of the contribution of the disciplines of science, technology, engineering and mathematics. *Science Education International*, 27(4), 530-569

Mihelich, J. A., Sarathchandra, D., Hormel, L., Storrs, D. A., Wiest, M. M. (2017). Public understanding of science and K-12 STEM education outcomes: Effects of Idaho parents' orientation toward science on students' attitudes toward science. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 36(3), 164-178. <https://doi.org/10.1177/0270467616687217>

Mondisa, J.-L. (2021). Examining the academic and professional experiences of African American STEM PhD mentors. *Journal of Negro Education*, 90(1), 108-122

Morgan, M. V. C., Gerber, M. M. (2016). Utilizing factor analysis to inform the development of institutionally contrived experiences to increase STEM engagement. *Community College Journal of Research and Practice*, 40(3), 204-218. <https://doi.org/10.1080/10668926.2015.1112322>

Movia y Alcaldía de Medellín (2020). *Marco Ser+STEM. Estamos transformando la educación en Medellín*. Alcaldía de Medellín

Nelson, K., Sabel, J., Forbes, C. Grandgenett, N., Ta-pprich, W., Cutucache, C. (2017). How do undergraduate STEM mentors reflect upon their mentoring experiences in an outreach program engaging K-8 youth? *International Journal of STEM Education*, 4, e3. <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0057-4>

Oliveros-Ruiz, M., A. (2019). STEAM as a tool to encourage engineering studies. *Científica*, 35(2), 158-166. <https://doi.org/10.14483/23448350.14526>

Olutayo, M. O., Adebayo, A. V. (2021). Navigating the gendered STEM path: Understanding women's experiences in higher education institutions. *Journal of Management & Social Sciences*, 10(1), 1063-1079

Orquín, I., Aguado, H., Berenguer, G., Petrovic, V. (2017). Experiencia de montaje y operación de una impresora 3D en el aula. *Modelling in Science Education and Learning*, 10(2), 107-116. <https://doi.org/10.4995/msel.2017.6619>

Pahnke, J., O'Donnell, C., Bascopé, M. (2019). *El uso de la ciencia para el bien común: educación STEM para el desarrollo sostenible* [Traducción del documento: Fundación Siemens Colombia]. *International Dialogue on STEM Education (IDoS)*. https://www.haus-der-kleinen-forscher.de/fileadmin/Redaktion/Englisch/IDoS/2019_Paper_STEM4ESD_Education_Spanish.pdf

Ricardo, C., Cano, J., Astorga, C., Borjas, M. P., Navarro, V. (2021). *Ambientes de aprendizaje enriquecidos con TIC en educación infantil: una mirada internacional*. Universidad del Norte

Ring, E. A., Dare, E. A., Crotty, E. A., Roehrig, G. H. (2017). The evolution of teacher conceptions of STEM education throughout an intensive professional development experience. *Journal of Science Teacher Education*, 28(5), 444-467. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2017.1356671>

Roberts, T., Jackson, C., Mohr-Schroeder, M.J., Bush, S. B., Maiorca, C., Cavalcanti, M., Schroeder, D. C., Delaney, A., Putnam, L., Cremeans, C. (2018). Students' perceptions of STEM learning after participating in a summer informal learning experience. *International Journal of STEM Education*, 5, e3. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0133-4>

Ryu, M., Mentzer, N., Knobloch, N. (2019). Preservice teachers' experiences of STEM integration: Challenges and implications for integrated STEM teacher preparation. *International Journal of Technology & Design Education*, 29, 493-512. <https://doi.org/10.1007/s10798-018-9440-9>

Saffie-Robertson, M. C. (2020). It's not you, it's me: An exploration of mentoring experiences for women in STEM. *Sex Roles*, 83, 566-579. <https://doi.org/10.1007/s11199-020-01129-x>

Sahin, A., Ekmekci, A., Waxman, H. C. (2017). The relationships among high school STEM learning experiences, expectations, and mathematics and science efficacy and the likelihood of majoring in STEM in college. *International Journal of Science Education*, 39(11), 1549-1572. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1341067>

Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26

Sari, U., Duygu, E., Şen, Ö. F., Kirindi, T. (2020). The effects of STEM education on scientific process skills and stem awareness in simulation based inquiry learning environment. *Journal of Turkish Science Education*, 17(3), 387-405

Schwartz, A. C., Burrows, A. C. (2020). Authentic science experiences with STEM datasets: Post-secondary results and potential gender influences. *Research in Science & Technological Education*, 39(3), 347-367. <https://doi.org/10.1080/02635143.2020.1761783>

Siemens Stiftung. (2021). *Experimento Red STEM Latinoamérica*. <https://educacion.stem.siemens-stiftung.org/>

Smith, E., Young, H. D., Carter, V. (2019). Using technologies to facilitate P-20 partnerships in rural communities. En R. M. Reardon, & J. Leonard (Eds.), *Integrating Digital Technology in Education: School-University-Community Collaboration* (pp. 137-150). Information Age Publishing

Stanford, J. S., Rocheleau, S. E., Smith, K. P. W., Mohan, J. (2017). Early undergraduate research experiences lead to similar learning gains for STEM and non-STEM undergraduates. *Studies in Higher Education*, 42(1), 115-129. <https://doi.org/10.1080/03075079.2015.1035248>

Suarez, C. P., de Léon-Lomelí, L. R., Gamboa-León, M. R. M., Zamora-Pedraza, C. (2021). Formación científica STEM, experiencias de aprendizaje a partir de clubes de ciencias. *REAMEC: Revista da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 9(1), e11192. <https://doi.org/10.26571/reamec.v9i1.11192>

Swafford, M. (2018). STEM education at the nexus of the 3-circle model. *Journal of Agricultural Education*, 59(1), 297-315. <https://doi.org/10.5032/jae.2018.01297>

Tenenbaum, L. S., Anderson, M. K., Ramadorai, S. B., Yourick, D. L. (2017). High school students' experience with near-peer mentorship and laboratory-based learning: In their own words. *Journal of STEM Education: Innovations & Research*, 18(3), 5-12

Vallejo, N. (2019). *Nuevas propuestas para reducir la brecha en las STEM* [Tesis de maestría]. Universidad de Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/38997>

Walani, S., Gericke, N. (2021). Factors from informal learning contributing to the children's interest in STEM - experiences from the out-of-school activity called Children's University. *Research in Science & Technological Education*, 39(2), 185-205. <https://doi.org/10.1080/02635143.2019.1667321>

Young, H. D., Carter, V., Bengtson, E. (2020). An innovative setting for STEM education. *The Elementary STEM Journal*, 24(3), 11-15

